

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

# **Nezávislý automatický parkovací systém**

## **Independent Automatic Parking System**

Student:	Bc. Václav Ruttkay
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Václav Ruttkay**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Nezávislý automatický parkovací systém**  
**Independent Automatic Parking System**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte automatizovaný systém parkování osobních automobilů. Parkovací systém by měl fungovat na principu skladování palet s automobily, maximální počet pater je 5, v každém patře jsou 2 parkovací místa. Maximální hmotnost automobilu je 2500 kg, výška 1900 mm, délka 5000 mm, šířka 2300 mm.

### Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh řešení skladování (parkování) osobních automobilů pomocí palet.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. Detailní výrobní výkres vybrané součásti.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

Literární řešerše zpracovaná v rámci Ročníkového projektu.

Podklady firmy KOMA Parking.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

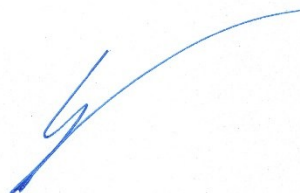
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomové práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Václav Ruttkay

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Oldřichovice 586, Třinec, 739 61

**Anotace diplomové práce**

Ruttkay, V. Návrh nezávislého automatického parkovacího systému: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2015, 78 s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Diplomová práce se zabývá návrhem nezávislého automatického parkovacího systému. Parkovací systém funguje na principu zakládání automobilů na paletách, které jsou umístěny nad sebou v pěti patrech. V jednom patře jsou umístěna dvě parkovací místa. V parkovacím systému může být na paletách založeno deset automobilů. Automobil je zaparkován na paletě. Paleta je umístěna ve výtahovém zařízení. Svislou dopravu mezi patry umožňuje zvedací zařízení. Zvedací zařízení je umístěno v posledním patře objektu. Výtahové zařízení je vybaveno teleskopem, který slouží k vodorovné dopravě palety s automobilem mezi parkovacím boxem a výtahem.

**Annotation of thesis**

Ruttkay, V. Design of independent parking system: Master thesis. Ostrava: VŠB – Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2015, 78 p. Thesis supervisor: Učeň, O.

This thesis deals with the design of an automatic independent parking system. This parking system works on the principle of storing cars on pallets which are placed one above the other on the five floors. There are two parking places on one floor. The parking system can store ten cars all together. The car is parked on the pallet. The pallet is placed in the lifting mechanism. Vertical transportation between the floors is made possible by the hoisting facility. This facility is located on the last floor of the parking system. The lift mechanism is equipped with a telescope that is used for the horizontal transport of the pallet with the car between the parking box and the lift.

## Obsah

Seznam použitých značek .....	4
Úvod .....	10
1. Parkovací domy .....	11
1.1. Výhody automatických parkovacích systémů .....	11
1.2. Provedení automatických parkovacích systémů .....	12
1.2.1. Parkovací paleta .....	12
1.2.2. Parkovací výtah .....	13
1.2.3. Jednoduchý parkovací výtah .....	14
1.2.4. Multifunkční parkovací výtah .....	14
1.2.5. Parkovací kolotoč .....	15
1.2.6. Parkovací dům .....	16
1.2.7. Parkovací multifunkční dům .....	17
1.2.8. Parkovací věž .....	18
2. Konstrukční řešení parkovacího domu .....	20
2.1. Přízemní patro .....	22
2.2. První až páté parkovací patro .....	23
2.3. Technické patro .....	23
3. Popis jednotlivých částí systému parkovacího domu .....	25
3.1. Výtahové zařízení .....	25
3.1.1. Boční svařovaná konstrukce .....	26
3.1.2. Boční a spodní kolej výtahu .....	27
3.1.3. Brzda palety .....	28
3.2. Teleskop pro přesun palety .....	29
3.2.1. Výpočet elektromotoru pohonu teleskopu .....	30
3.2.2. Pohon teleskopu .....	35
3.2.3. Výpočet elektromotoru pohonu řetězu .....	36

---

3.2.4.	Pohon řetězu .....	41
3.3.	Parkovací box .....	42
3.3.1.	Kolej boxu.....	42
3.3.2.	Brzda boxové koleje .....	43
3.4.	Paleta .....	44
3.5.	Protizávaží .....	46
3.5.1.	Výpočet hmotnosti protizávaží .....	47
3.6.	Řemen GATES [6] .....	48
3.6.1.	Kotevní zařízení řemene Gates .....	49
3.7.	Princip zvedání .....	50
3.7.1.	Zvedací zařízení .....	51
3.7.2.	Výpočet elektromotoru zdvihu .....	52
4.	Kontrola vybraných prvků .....	58
4.1.	Kontrola pera řemenice .....	58
4.2.	Kontrola ložisek řemenice.....	60
4.3.	Statická kontrola hřídele .....	62
4.3.1.	Kontrola hřídele v místě 1 .....	63
4.3.2.	Kontrola hřídele v místě 2 .....	63
4.3.3.	Vyhodnocení výsledků .....	64
5.	Pevnostní kontrola výtahové konstrukce.....	65
Závěr.....		69
Seznam použitých pramenů.....		72
Seznam příloh.....		74

## Seznam použitých značek

$C_{olř}$	[N]	Základní statická únosnost $C_o$
$D_{hř}$	[mm]	Průměru hřídele
$D_{lř}$	[mm]	Vnější průměr ložiska
$D_{pminřg}$	[mm]	Minimální průměr řemenice řemene GATES
$D_p$	[m]	Průměr řetězového kola
$D_s$	[mm]	Vnější průměr spojky
$D_{zminřg}$	[mm]	Minimální zpětný průměr ohybu řemene GATES
$F_{rA}$	[N]	Radiální síla v místě ložiska A
$F_{rB}$	[N]	Radiální síla v místě ložiska B
$F_{ř}$	[N]	Síla řemenice
$F_{řz}$	[N]	Skutečné síly na střih hřídele řemenice
$I_m$	[kg · m <sup>-2</sup> ]	Moment setrvačnosti motoru
$I_{minřg}$	[–]	Minimální počet zubů řemenice řemene GATES
$I_p$	[kg · m <sup>-2</sup> ]	Moment setrvačnosti pastorku
$L_{minřg}$	[mm]	Minimální svařovaná délka řemene GATES
$L_{rřg}$	[m]	Standardní délka role řemene GATES
$L_s$	[mm]	Celková délka spojky
$L_t$	[m]	Dráha pojezdu teleskopu
$L_z$	[m]	Dráha zvedání
$M_{kř}$	[N · m]	Krouticí moment při pojezdu pohonu řetězu
$M_{kt}$	[N · m]	Krouticí moment při pojezdu teleskopu



---

$M_{kz}$	[N · m]	Krouticí moment zdvihu
$M_{OA}$	[N · mm]	Ohybový moment k bodu A
$M_{OB}$	[N · mm]	Ohybový moment k bodu B
$M_{řk}$	[N · m]	Jmenovitý krouticí moment pohonu řetězu z katalogu
$M_{pj}$	[kg]	Hmotnost jednoho protizávaží
$M_{řs}$	[N · m]	Momentu na střihu hřídele řemenice
$M_s$	[N · m]	Jmenovitý krouticí moment spojky
$M_{smax}$	[N · m]	Max. točivý moment spojky
$M_{tk}$	[N · m]	Jmenovitý krouticí moment teleskopu z katalogu
$M_{tk}$	[N · m]	Jmenovitý krouticí moment zdvihu z katalogu
$M_{vc}$	[kg]	Výplň jednoho protizávaží s rámem
$P_{OAB}$	[N]	Statické zatížení v místě A, B
$P_{pojg}$	[kW]	Výkon motoru při pojezdu pohonu řetězu
$P_{pojt}$	[kW]	Výkon motoru při pojezdu teleskopu
$P_{rozř}$	[kW]	Výkon motoru při rozběhu pohonu řetězu
$P_{roz t}$	[kW]	Výkon motoru při rozběhu teleskopu
$P_{řg}$	[mm]	Stoupání řemene GATES
$P_{řk}$	[kW]	Výkon motoru pohonu řetězu z katalogu
$P_{tk}$	[kW]	Výkon motoru teleskopu z katalogu
$P_{zk}$	[kW]	Výkon motoru zdvihu z katalogu
$P_z$	[kW]	Výkon motoru zdvihu
$S_{OAB}$	[–]	Statická bezpečnost

---

---

$\check{S}_{řg}$	[mm]	Šířka řemene GATES
$T_{dř}$	[s]	Čas doběhu řetězové pohonu
$T_{dt}$	[s]	Čas doběhu teleskopu
$T_{dz}$	[s]	Čas doběhu řetězové zdvihu
$T_{chř}$	[s]	Čas rovnoměrného chodu pohonu řetězu
$T_{cht}$	[s]	Čas rovnoměrného chodu teleskopu
$T_{chz}$	[s]	Čas rovnoměrného chodu zdvihu
$T_{rř}$	[s]	Čas rozběhu řetězové pohonu
$T_{rt}$	[s]	Čas rozběhu teleskopu
$T_{rz}$	[s]	Čas rozběhu řetězové zdvihu
$T_{ř}$	[s]	Celkový čas chodu pohonu řetězu
$T_{řg}$	[mm]	Tolerance šířky 100 mm do 170 šířka řemene GATES
$T_t$	[s]	Celkový čas chodu teleskopu
$T_z$	[s]	Celkový čas chodu zdvihu
$a$	[mm]	Vzdálenost mezi ložisky A a B
$a_{dř}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Zrychlení při doběhu pohonu řetězu
$a_{dt}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Zrychlení při doběhu teleskopu
$a_{rř}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Zrychlení při rozběhu pohonu řetězu
$a_{rt}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Zrychlení při rozběhu teleskopu
$b$	[mm]	Vzdálenost mezi ložisky B a působením síly
$b_b$	[mm]	Šířka pera
$d_{lř}$	[mm]	Vnitřní průměr ložiska

---

---

$d_s$	[mm]	Vnitřní průměry spojky
$f$	[–]	Koeficient tření
$h_b$	[mm]	Výška pera
$i$	[–]	Počet desek výplně
$i_{\dot{\gamma}}$	[–]	Řemenový převod
$i_{\ddot{\gamma}}$	[–]	Řemenový převod
$i_{\dot{\gamma}k}$	[–]	Převodový poměr pohonu řetězu z katalogu
$i_{tk}$	[–]	Převodový poměr pohonu teleskopu z katalogu
$i_{zk}$	[–]	Převodový poměr pohonu zdvihu z katalogu
$k$	[–]	Bezpečnost
$k_{b\dot{\gamma}1}$	[–]	Bezpečnost v místě 1
$k_{b\dot{\gamma}2}$	[–]	Bezpečnost v místě 2
$k_k$	[–]	Koeficient znečištění kladek
$m_a$	[kg]	Hmotnost automobilu
$m_c$	[kg]	Celková zdvihaná hmotnost
$m_{cz}$	[kg]	Celková zdvihaná hmotnost teleskopu
$m_{e\dot{\gamma}k}$	[kg]	Hmotnost pohonu řetězu z katalogu
$m_{etk}$	[kg]	Hmotnost teleskopu z katalogu
$m_{ezk}$	[kg]	Hmotnost zdvihu z katalogu
$m_k$	[kg]	Hmotnost výtahové konstrukce
$m_{kt}$	[kg]	Hmotnost klece a teleskopu
$m_n$	[kg]	Nosnost klece

---

---

$m_p$	[kg]	Hmotnost palety
$m_{pc}$	[kg]	Hmotnost celkového protizávaží
$m_{pc}$	[kg]	Hmotnost protizávaží
$m_r$	[kg]	Hmotnost rámu a domečku závaží
$m_{skp}$	[kg]	Skutečná přenášená hmotnost protizávaží
$m_t$	[kg]	Hmotnost teleskopů
$m_v$	[kg]	Hmotnost výplně 20x120x750
$m_{zř}$	[kg]	Hmotností zatížení řemenice
$m_{zv}$	[kg]	Hmotnost pro výpočet pohonu
$m_{zv1}$	[kg]	Hmotnost na prázdko (bez palety s automobilem)
$m_{zv2}$	[kg]	Hmotnost na plno (s paletou a automobilem)
$n_{maxz}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Maximální otáčky zdvihu
$n_{pmř}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Maximální otáčky řetězového kola pohonu řetězu
$n_{pmt}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Maximální otáčky řetězového kola teleskopu
$n_{př}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Průměrné otáčky řetězového kola pohonu řetězu
$n_{pt}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Průměrné otáčky řetězového kola teleskopu
$n_{pz}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Otáčky řetězového kola průměrné zdvihu
$n_{řk}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Výstupní otáčky pohonu řetězu z katalogu
$n_{tk}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Výstupní otáčky teleskopu z katalogu
$n_{zk}$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	Výstupní otáčky zdvihu z katalogu
$p_{ř}$	[MPa]	Kontrola pera na otláčení
$v_{maxř}$	[m · s <sup>-1</sup> ]	Čas rovnoměrného chodu pohonu řetězu

---

---

$v_{maxř}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Maximální rychlost pohonu řetězu
$v_{maxt}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Čas rovnoměrného chodu teleskopu
$v_{maxt}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Maximální rychlost teleskopu
$v_{maxz}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Čas rovnoměrného chodu zdvihu
$v_{maxz}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Maximální rychlost zdvihu
$v_{př}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Průměrná rychlost pohonu řetězu
$v_{pt}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Průměrná rychlost teleskopu
$v_{pz}$	$[m \cdot s^{-1}]$	Průměrná rychlost zdvihu
$v_z$	$[m \cdot min^{-1}]$	Rychlost zdvihu
$\varepsilon_m$	$[rad \cdot s^{-2}]$	Úhlové zrychlení motoru
$\sigma_{oř1}$	$[MPa]$	Ohybové napětí pod ložiskem
$\sigma_{oř2}$	$[MPa]$	Ohybové napětí na kraji řemenice
$\tau_{Dsř}$	$[MPa]$	Napětí dovolené v stříhu
$\tau_{sř}$	$[MPa]$	Kontrola pera na stříh řemenice
$\eta_o$	$[-]$	Účinnost převodu

## Úvod

Tato diplomová práce byla vytvořena ve spolupráci s firmou KOMA PARKING a.s. a zabývá se nezávislým parkovacím systémem. Výše uvedená společnost se zabývá problematikou systémů parkovacích domů.

Vlivem stoupajícího počtu osobních automobilů vzniká problém s nedostatkem parkovacích míst, a proto je potřeba najít jinou alternativu skladování automobilů. Tudíž je možné využít systémy parkovacích domů, a to z důvodu úspory místa. Tato problematika mě velmi zaujala, proto jsem si ji vybral.

Nejprve jsem se zabýval problematikou parkovacích domů (systémů). Následně jsem navrhl konstrukční řešení nezávislého parkovacího systému. V druhé kapitole jsou podrobně popsána patra parkovacího domu, jejich funkčnost a uspořádání. Třetí kapitola je věnována popisu jednotlivých systémů parkovacího domu a nezbytným výpočtům. Kontrola vybraných prvků je popsána ve čtvrté kapitole. Na závěr byla provedena pevnostní kontrola výtahové konstrukce.

## **1. Parkovací domy**

### **Automatické parkovací systémy**

Automatické parkovací domy poskytují služby pro bezpečný a novodobý způsob hromadného parkování automobilů na principu inteligentního řešení manipulace a skladování.

Jsou určeny výhradně pro parkování osobních vozidel, dají se však realizovat také jako sklady paletovatelných materiálů. Je to řešení pro nedostatek parkovacích míst a volné plochy na městských sídlištích, u obchodních a sportovních center ve velkých městech, u administrativních celků, hotelových domů, letišť, vlakových a autobusových nádraží a záchytných parkovišť [8].

### **1.1. Výhody automatických parkovacích systémů**

#### **Minimalizace parkovací plochy**

- malé zastavěné území ve srovnání s obvyklým způsobem parkování
- snížení stavebních ploch a výdajů na pozemek
- největší možné využití plochy k parkování v automatickém parkovacím systému
- využití v omezených a stísněných místech
- oblasti, kde by obvyklé parkování nebylo možné

#### **Komfort**

- praktický vjezd a výjezd
- rychlé parkování, automatizovaný a samoobslužný provoz bez zajiždění do objektu a dlouhého hledání volného místa
- ochrana proti povětrnostním vlivům

#### **Bezpečnost**

- bez přístupu neoprávněných osob
- pojištění vozidel z důvodu technických závad APS
- snížení počtu zaparkovaných automobilů na okolních komunikacích

#### **Ekonomika provozu**

- rozmanitost tarifů parkování
- nízkonákladový provoz

- bez realizace hygienické místnosti, bezbariérových přístupů, výtahů, schodišť, vzduchotechniky

### Ekologie

- omezení emisí a hluku od popojíždějících vozidel
- protipožární ochrana
- umístění v podzemí umožňuje využití povrchu pro jakoukoliv zástavbu
- realizace z ocelových konstrukcí usnadňuje montáž a demontáž stavby

## 1.2. Provedení automatických parkovacích systémů

### 1.2.1. Parkovací paleta

Poloautomatický systém nezávislého parkování využívá vyhodnocení volného prostoru pro uložení automobilů na palety vedle sebe nebo rovnoběžně. Může vhodně doplnit parkování na volné ploše a tím zvýšit kapacitu parkování na této ploše o několik procent. Tento systém je vhodný pouze pro zastřešené prostory. Objekty mohou být v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Jsou vhodné pro časté, dlouhodobé a také hodinové parkování. Palety přejíždějí v jejich podélném směru a pojíždějí po navýšených kolejkách [8].



Obr. 1 Parkovací princip palet [8]



### Vhodné příklady použití

Kancelářské objekty, obytné a polyfunkční budovy, hotely, rodinné domy, renovace a rekonstrukce - zvýšení kapacity parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepních prostorech.

#### 1.2.2. Parkovací výtah

Poloautomatický parkovací systém s uskladněním automobilů na paletách nad sebou. Vhodné pro řešení při vjezdu z jedné nájezdové roviny. Umožňuje závislé i nezávislé parkování. Možnost navýšení kapacity parkovacích míst 2x až 3x. Automobily mohou být parkovány nezávisle na ostatních. Možné uspořádání: 2 až 3 automobily nad sebou a 1 až 2 automobily na paletě. Závislé parkování bez spodních palet: vhodné pro dva automobily nad sebou, horní automobil je závislý a může být vyparkován pouze není-li spodní automobil zaparkován [8].



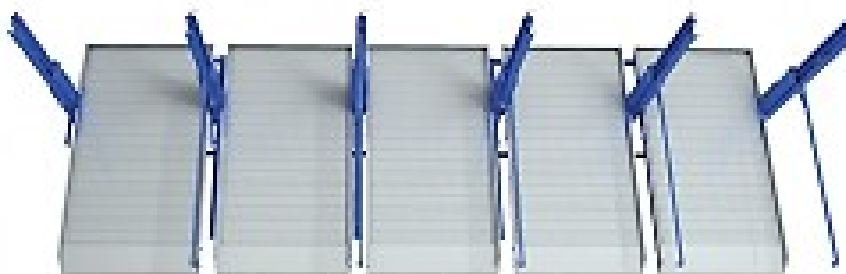
Obr. 2 Parkovací princip výtahu [8]

### Vhodné příklady použití

Kancelářské objekty, obytné a polyfunkční budovy, hotely, rodinné domy, renovace a rekonstrukce - navýšení parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepech, dvorcích a zahradách.

### 1.2.3. Jednoduchý parkovací výtah

Poloautomatický systém závislého parkování s uložením automobilů nad sebou. V horní pozici je automobil umístěn na paletě. Auto v dolní pozici je parkováno na podlaze. Jedná se o dvounásobné navýšení parkovací kapacity. Ovládání systému je plně automatické. Svislý pohyb palety je zajištěn hydraulickým systémem. Možnost řazení parkovacích sekcí vedle sebe. Závislé parkování bez spodní palety. Vhodné pro dva automobily nad sebou, horní automobil je závislý a může být zaparkován nebo vyparkován pouze není-li spodní automobil zaparkován [8].



Obr. 3 Princip jednoduchého parkovacího výtahu [8]

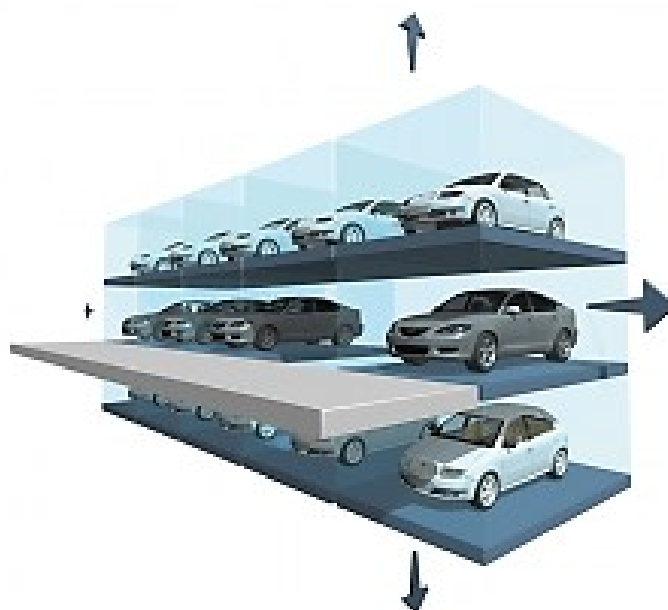
### Vhodné příklady použití

Kancelářské objekty, obytné a polyfunkční budovy, hotely, rodinné domy, renovace a rekonstrukce - navýšení parkovacích míst stávajících domů, dvorcích a zahradách.

### 1.2.4. Multifunkční parkovací výtah

Jedná se o automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety vedle sebe a nad sebou. Jestliže při vyparkování parkujícímu automobilu brání jiný zaparkovaný automobil, je přemístěn do jiné polohy ve stejné řadě nebo v řadě jiné. Z tohoto důvodu musí systém obsahovat vždy jedno volné místo. Je určen pro zastřešené prostory. Umožňuje nadzemní, podzemní nebo kombinované provedení.

Z bezpečnostních důvodů jsou před parkující automobily umístěny vrata. Objekt obsahuje více samostatných vjezdů. Řidiči můžou přijet ke kterémukoliv vjezdu (paletě). Na přistavenou paletu řidič najede a opustí parkující prostor [8].



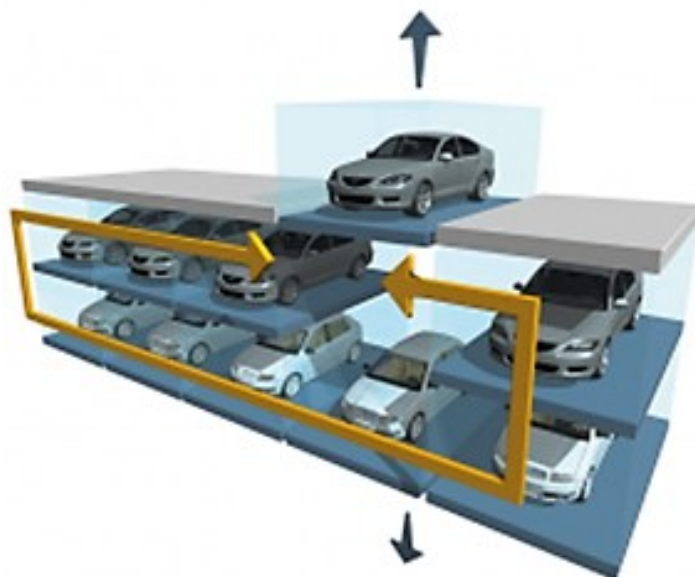
Obr. 4 Princip multifunkčního parkovacího výtahu [8]

### Vhodné příklady použití

Kancelářské objekty, obytné a polyfunkční budovy, hotely, rodinné domy, renovace a rekonstrukce - navýšení kapacity parkování stávajících domů, zejména ve sklepech. Možno kombinovat pro dvě nebo tři řady automobilů nad sebou a pro několik automobilů vedle sebe.

#### 1.2.5. Parkovací kolotoč

Automatický systém nezávislého parkování využívající přesunu palet ve vodorovném směru, kde přesun všech palet probíhá společně a ve svislém směru. Palety se zvedají na obou krajích pomocí zvedacích zařízení. Pro vjezd a odjezd slouží jeden prostor, který je většinou průjezdný a může být doplněn i točnou. Využívá se pouze pro zastřešené prostory. Objekty jsou v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Použití pro dlouhodobé a také hodinové parkování s maximálním počtem šedesáti automobilů. Vhodný pro úzké a delší pozemky s omezeným příjezdem k objektu [8].



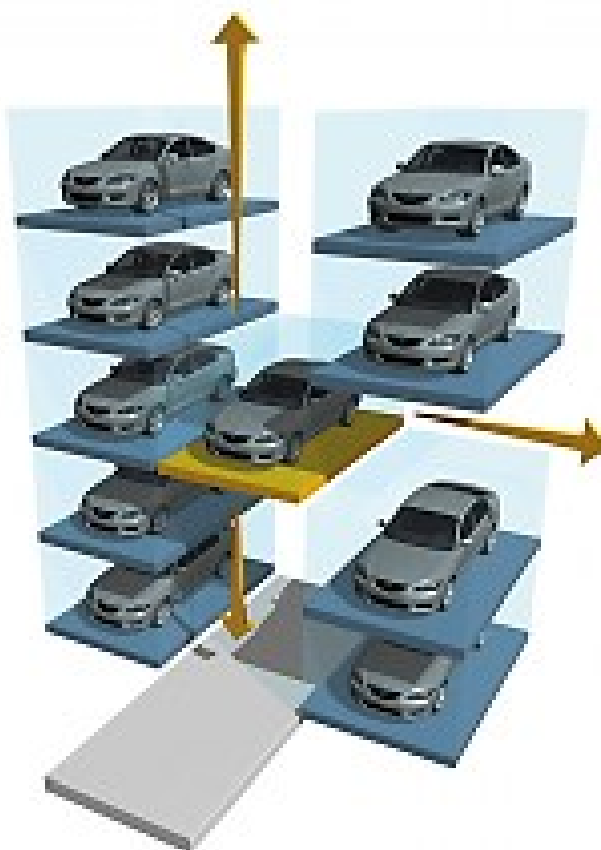
Obr. 5 princip parkovacího kolotoče [8]

### Vhodné příklady použití

Kancelářské objekty, hotely, renovace a rekonstrukce objektů - navýšení parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepech.

#### 1.2.6. Parkovací dům

Automatický systém nezávislého parkování, který využívá skladování automobilů nad sebou s přesouváním palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení. Může být sestaveno několik provedení vedle sebe, nebo za sebou. Určeno pouze pro zastřešené prostory. Možnost nadzemního, podzemního i kombinovaného provedení. Vhodné pro dlouhodobé i hodinové parkování. Zhodnocení parkovacího prostoru. Vhodný typ pro menší rozměrové prostory obdélníkového typu. Objekty mohou být umístěny na bocích obytných budov, nebo stát samostatně [8].



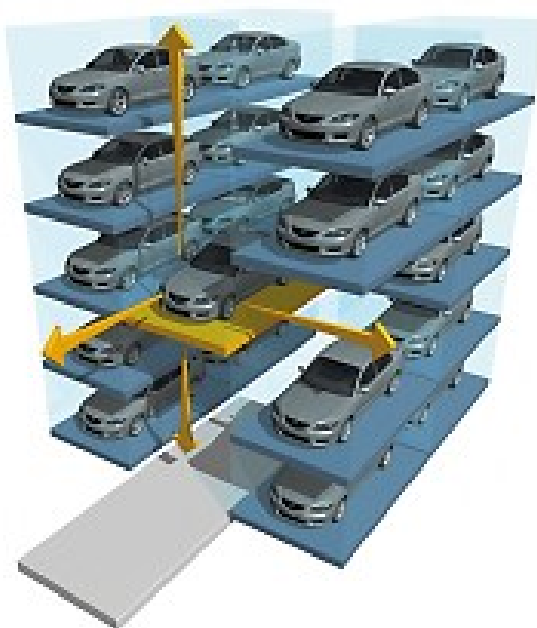
Obr. 6 Princip parkovacího domu [8]

### Vhodné příklady použití

Sídlíště, nová zástavba, renovace dvorů.

#### 1.2.7. Parkovací multifunkční dům

Automatický systém nezávislého parkování, který využívá skladování automobilů nad sebou s přesouváním palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení pomocí přesuvných vozíků. Je to parkovací objekt s velkou kapacitou, s využitím většího počtu zvedacích zařízení, odbavovacích prostorů a přesuvných vozíků. Objekty jsou v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Vhodné pro dlouhodobé a také hodinové parkování. Zhodnocení prostoru pro parkování [8].



Obr. 7 Princip multifunkčního parkovacího domu [8]

### Vhodné příklady použití

Velkokapacitní parkoviště.

#### 1.2.8. Parkovací věž

Automatický systém nezávislého parkování, který využívá zhodnocení prostoru pro parkování uložením automobilů na palety do kruhu na jednotlivých mezikružích a nad sebou. Pouze pro zastřešené prostory. Možnost nadzemního, podzemního i kombinovaného provedení. Vhodné pro dlouhodobé i hodinové parkování. Na malém prostoru lze umístit velké množství automobilů. Řešení vhodné pro místa s velkým výskytem parkujících automobilů. Možnost komerčního využití přízemních prostorů.



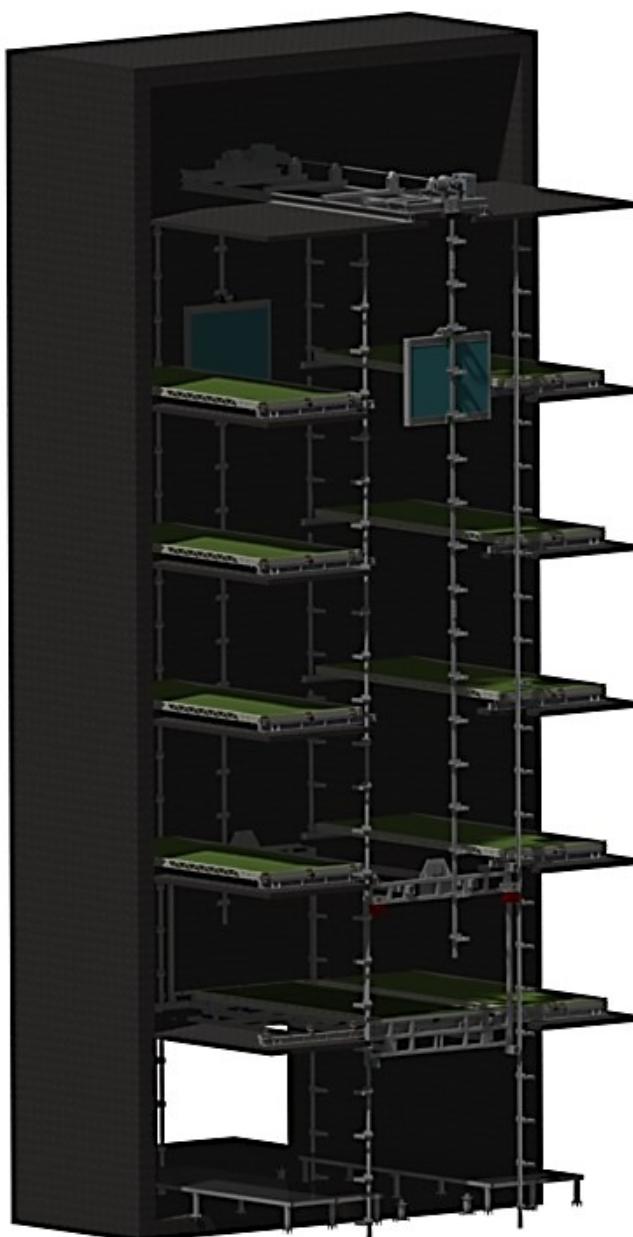
Obr. 8 Princip parkovací věže [8]

### Vhodné příklady použití

Záchytná parkoviště pro místa s hustou dopravou – autobusové a vlakové nádraží, letiště.

## 2. Konstrukční řešení parkovacího domu

Jako konstrukční řešení jsem zvolil princip nezávislého parkovacího domu. Parkovací dům je navržen jako automatický nezávislý parkovací systém o jedné sekci. Sekce je ovládaná řídicím systémem, který zabezpečuje koordinaci a optimalizaci procesu parkování vozidel s hospodárným využitím času a prostoru. Parkovací dům byl navržen pro průjezdnost automobilu v přízemní části. Zde odpadá problém s točnou automobilu, která by musela být umístěna v přízemní části objektu.



Obr. 9 Konstrukční řešení parkovacího domu



Parametr zařízení domu a automobilu	Parametr
Hmotnost automobilu - maximální	2 500 [kg]
Délka automobilu - maximální	5 000 [mm]
Šířka automobilu - maximální	2 200 [mm]
Výška automobilu - maximální	1 900 [mm]
Počet parkovacích pater	5 [–]
Počet vjezdu	1 [–]
Počet výjezdu	1 [–]
Celkový počet zakládaných automobilu	10 [–]

Parkovací dům s parkovacím systémem se skládá z:

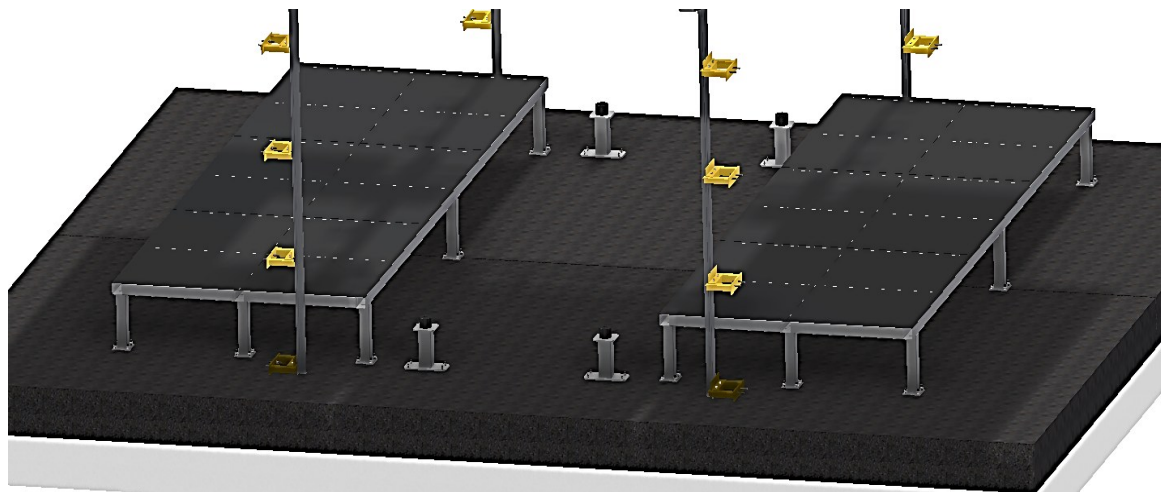
- Přízemní části objektu
- Pět parkovacích pater
- Technické patro

<b>TECHNICKÉ PATRO</b>
<b>5. PATRO</b>
<b>4. PATRO</b>
<b>3. PATRO</b>
<b>2. PATRO</b>
<b>1. PATRO</b>
<b>PŘÍZEMNÍ PATRO</b>

Obr. 10 Schéma parkovacího domu

## 2.1. Přízemní patro

Přízemní část objektu parkovacího systému slouží k předání nebo převzetí vozidla z automatického procesu parkování. Skládá se z vjezdové a výjezdové části. Výtahové zařízení slouží ke svislé a vodorovné přepravě palet s automobily. Odbavovací prostor slouží k nasednutí a vysednutí z vozidla. Ve spodní části přízemního patra mezi odbavovacími plošinami jsou umístěny pružinové dosedy výtahu.



Obr. 11 Konstrukční řešení přízemního patra



Obr. 12 Schéma přízemního patra

## 2.2. První až páté parkovací patro

Parkovací patro se skládá ze dvou boxů pro paletu s automobilem. Boxy jsou umístěny po levé a pravé straně výtahu. Výtahové zařízení slouží ke svislé a vodorovné přepravě palet s automobily. V přední a zadní části výtahu jsou umístěny protizávaží výtahu.



Obr. 13 Schéma parkovací patra 1. až 5.

## 2.3. Technické patro

Technické patro objektu je nejdůležitějším místem parkovacího systému. Zde je umístěno zvedací zařízení výtahu ke svislé dopravě mezi patry. Neméně důležitými místy jsou také manipulační prostory, které slouží k servisní činnosti zvedacího zařízení.

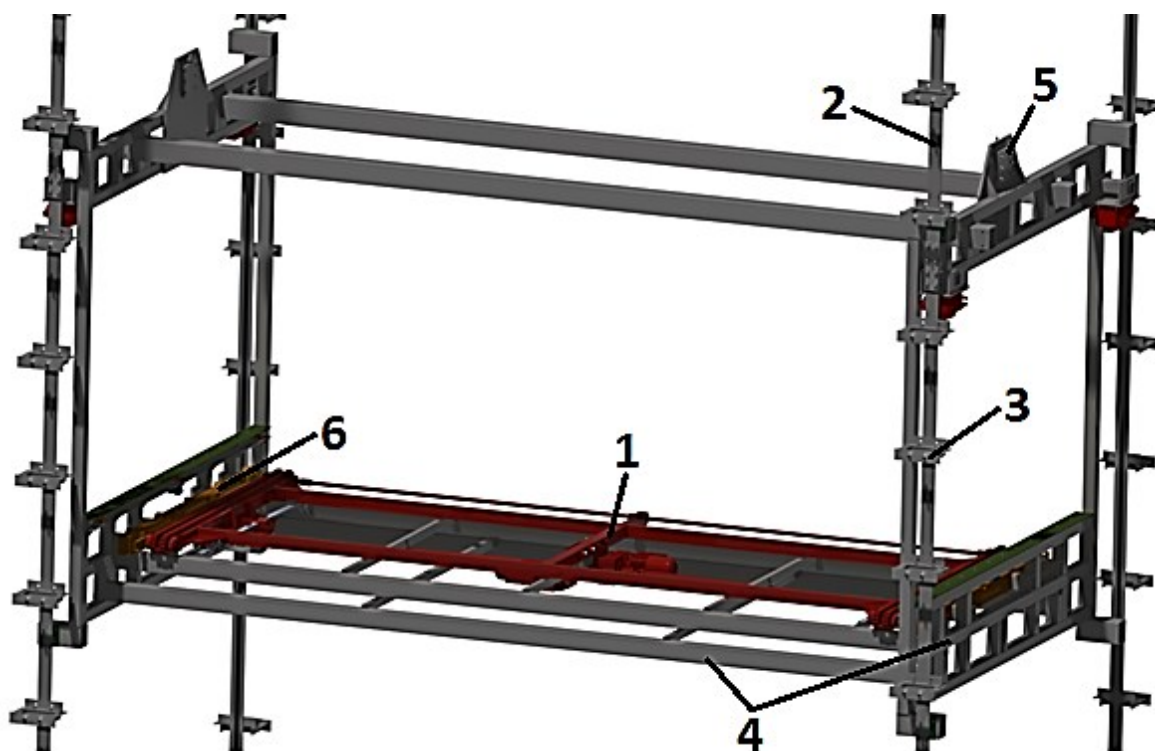


Obr. 14 Schéma technického patra

### 3. Popis jednotlivých částí systému parkovacího domu

#### 3.1. Výtahové zařízení

Nosnou částí výtahového zařízení je rám konstrukce. Konstrukce je svařena z ocelových čtvercových a obdélníkových profilů. Na konstrukci jsou umístěny nezbytné zařízení pro dopravu palety s automobilem do boxu. Rám konstrukce se skládá ze dvou bočních svařovaných rámců propojených spojovacími profily. Ve výtahovém zařízení je umístěn teleskop pro přesun palety. Výtahové koleje slouží pro přesun palety. Vodítka slouží k vedení výtahového zařízení ve výtahové šachtě. Ty zabraňují kývání a jsou dlouhá tak, aby jej výtahové zařízení nemohlo opustit.

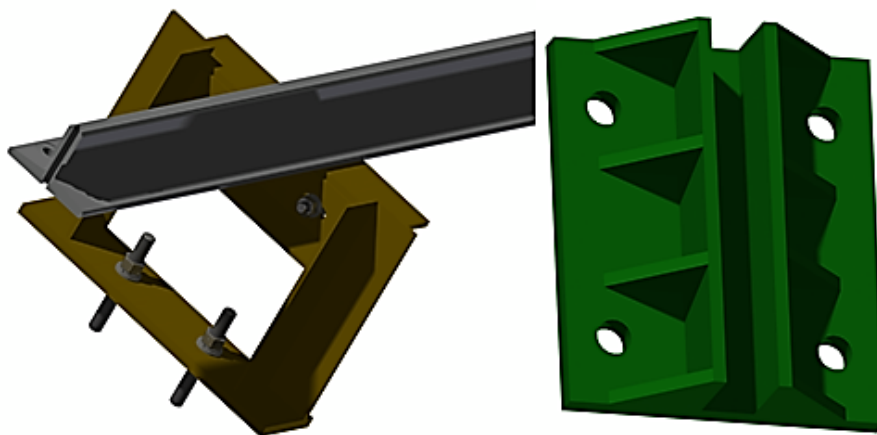


Obr. 15 Konstrukční řešení výtahového zařízení

- |             |                   |                    |
|-------------|-------------------|--------------------|
| 1. Teleskop | 3. Konzole        | 5. Ukotvení řemene |
| 2. Vodítka  | 4. Rám konstrukce | 6. Kolej výtahu    |

Výtahové zařízení je vedeno ve svislém směru mezi patry pomocí vodicích čelistí, které se pohybují ve vodítkách. Vodicí čelist je z opracovaného hliníkového odlitku,

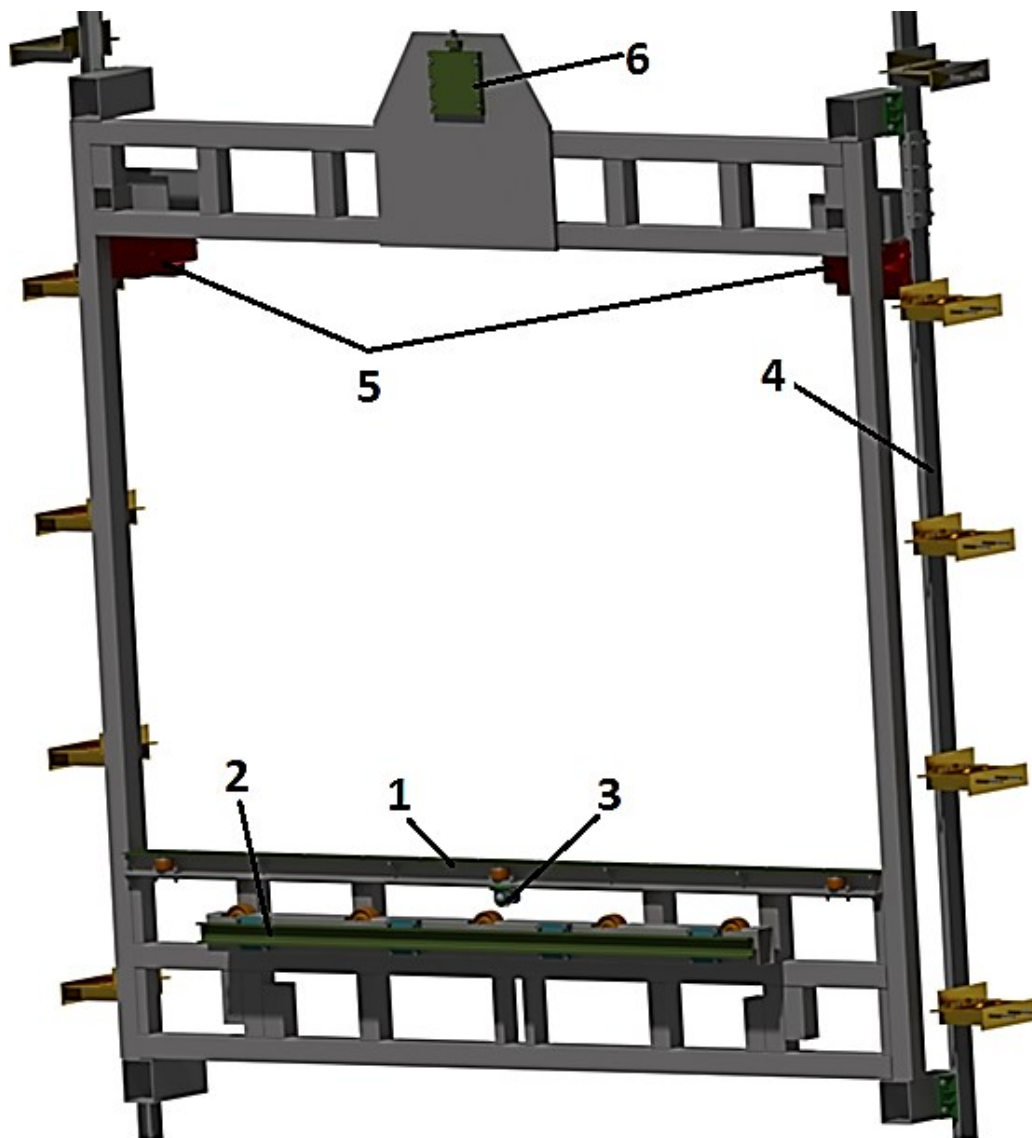
do kterého je vlisovaná silonová vložka. Vodítka jsou upevněny pomocí konzolí do konstrukce budovy. Vodítka jsou z oceli ve tvaru profilu T.



Obr. 16 Konzole s vodítkem a vodící čelist

### 3.1.1. Boční svařovaná konstrukce

Konstrukce musí mít dostatečné rozměry, aby byla zajištěna bezpečná jízda automobilu skrz. Pro bezpečný přesun palety v jednotlivých patrech je zařízení vybaveno brzdami. Důležitou částí boční konstrukce jsou boční a spodní výtahové koleje, po kterých se pohybuje, jak paleta s automobilem tak i teleskop. Pod bočními koleji je umístěna brzda palety. Ve vrchní části konstrukce je umístěno kotevní zařízení sloužící k upevnění ozubeného řemene k výtahové konstrukci.

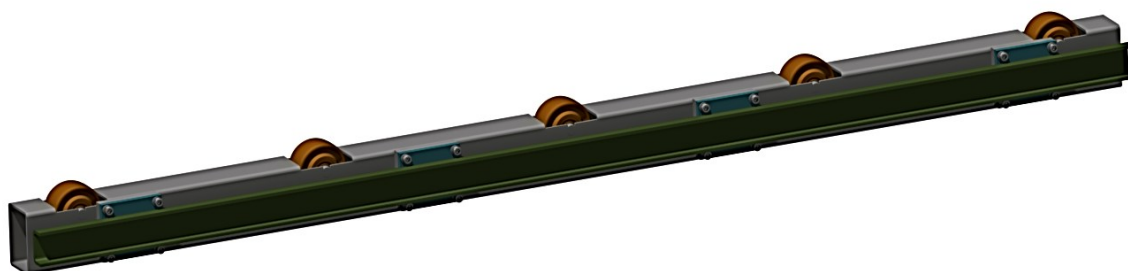


Obr. 17 Konstrukční řešení boční svařované konstrukce

- |                        |                 |                     |
|------------------------|-----------------|---------------------|
| 1. Boční kolej výtahu  | 3. Brzda palety | 5. Brzdy výtahu     |
| 2. Spodní kolej výtahu | 4. Vodítko      | 6. Kotevní zařízení |

### 3.1.2. Boční a spodní kolej výtahu

Koleje výtahu slouží k plynulé dopravě palety. Boční kolej se skládá ze tří kol, které mají zamezit boční kolizi palety s výtahem. Spodní kolej obsahuje pět kol, po kterých pojíždí paleta s automobilem. Na boční straně je umístěn profil U, na kterém pojíždí teleskop a znemožňuje vyjetí kol teleskopu.

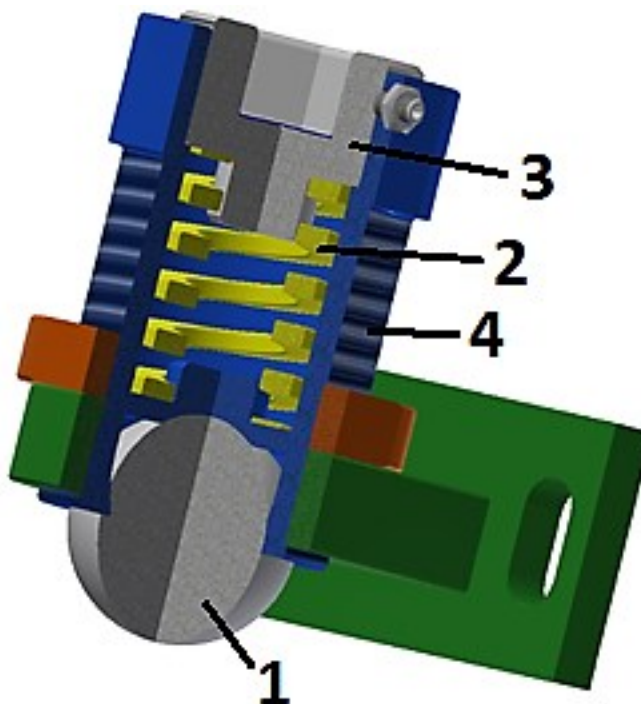


Obr. 18 Konstrukční řešení spodní výtahové koleje

### 3.1.3. Brzda palety

Brzda slouží k přesnému zabrzdění palety ve výtahovém zařízení, tak aby byla zajištěna správná poloha pro přesun mezi patry. Funguje na principu zapadnutí kuličky do drážky západky umístěné na paletě. Ložisková kulička je umístěna ve válci, který je na jednom konci zaoblen tak, aby znemožnil vypadnutí kuličky. Z druhé strany je kulička tlačena pružinou. Tlak pružiny je seřízen stavěcím šroubem, který umožňuje správné nastavení.

1. Ložisková kulička
2. Pružina
3. Stavěcí šroub
4. Válec

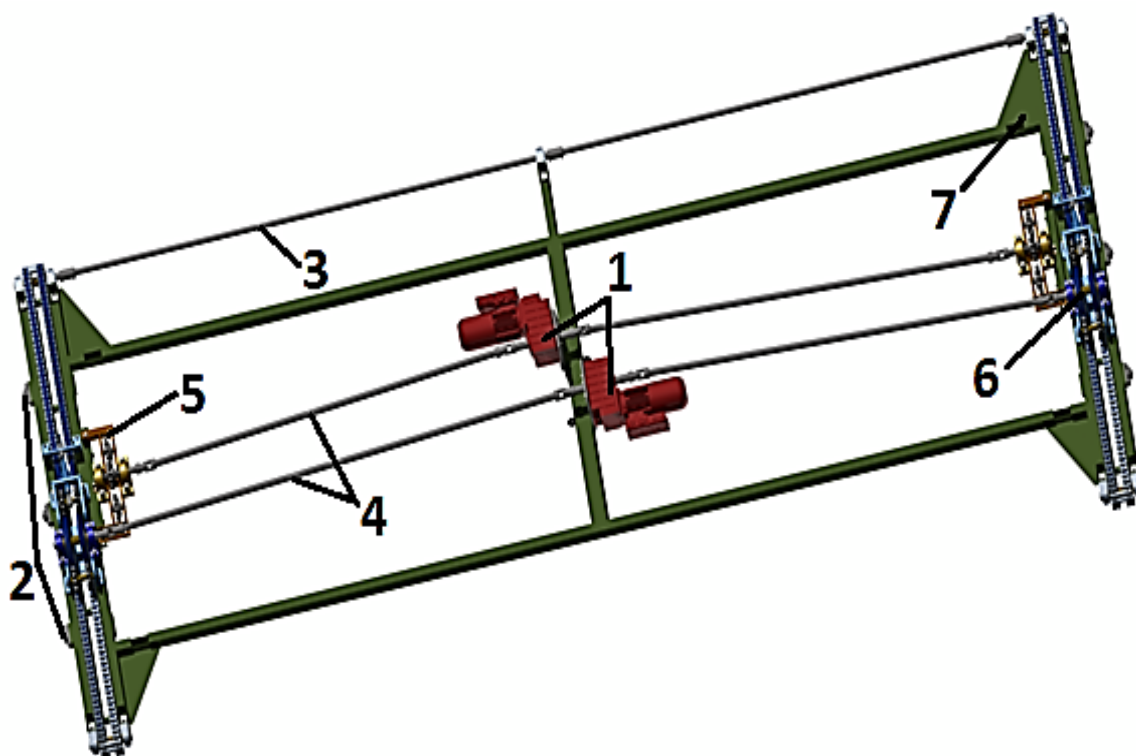


Obr. 19 Konstrukční řešení brzdy palety



### 3.2. Teleskop pro přesun palety

Teleskop je umístěn na výtahové konstrukci zařízení. Má dva elektromotory s převodovkami. Točivý moment elektromotoru s převodovkou je přenášen pomocí kardanové hřídele do pohonu teleskopu a řetězu. Kardan umožňuje přenos síly točivého momentu mezi prostorově přesazenou hnací a hnanou hřídeli. Kontrola přítomnosti palety na kleci je zajištěna snímačem. Součástí teleskopu jsou i pojezdové kola, která umožňují posuv a jsou umístěna na bocích teleskopu. Z jedné strany je teleskop vybaven propojující hřídeli.

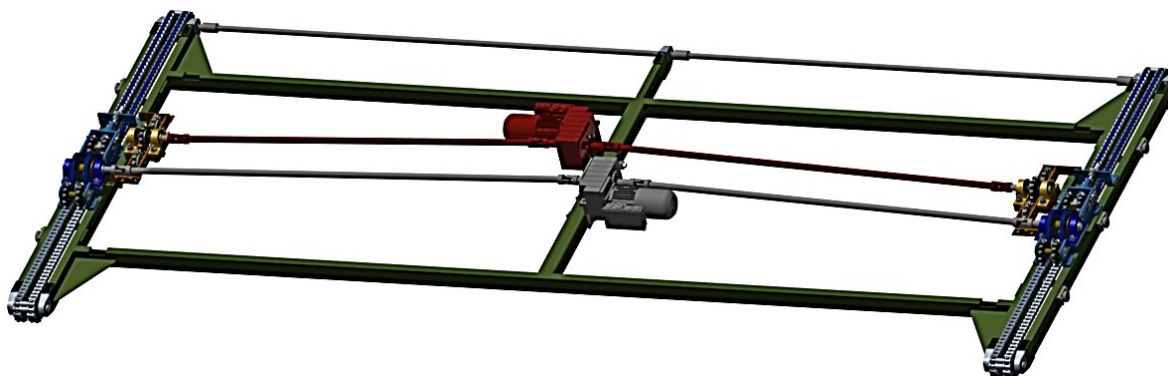


Obr. 20 Konstrukční řešení teleskopu

- |                               |                    |                         |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1. Elektromotor s převodovkou | 4. Kardan          | 6. Pohon řetězu         |
| 2. Kola pojezdu               | 5. Pohon teleskopu | 7. Svařovaná konstrukce |
| 3. Propojující hřídel         |                    |                         |

### 3.2.1. Výpočet elektromotoru pohonu teleskopu

První elektromotor umožňuje pohon teleskopu a zajišťuje pohyb směrem k boxu a zpět do výtahové klece. V obr. 21 je modrou barvou znázorněna elektromotor pohonu řetězu.



Obr. 21 Znáznornění motoru pohonu teleskopu

Zadané hodnoty:

Hmotnost automobilu	$m_a = 2500 \text{ kg}$
Hmotnost palety	$m_p = 300 \text{ kg}$
Hmotnost teleskopu	$m_t = 350 \text{ kg}$
Celková vážená hmotnost	$m_c = 3150 \text{ kg}$
Dráha pojezdu	$L_t = 0,350 \text{ m}$
Průměr pastorku	$D_{pt} = 0,106 \text{ m}$
Koeficient tření	$f = 0,04$
Koeficient znečištění kladek	$k_k = 1,05$

### Časový rozbor

Nejprve je nutno zjistit časový rozbor chodu motoru. Jednotlivé časy byly zvoleny pro ideální rozběh, chod a doběh motoru, které jsou důležité pro výpočet maximální a průměrné rychlosti pojezdu pohonu po řetězu.

**Celkový čas chodu  $T_t$  [s]**

$$T_t = T_{rt} + T_{dt} + T_{cht} \quad (1)$$

$$T_t = 1 + 1 + 2$$

$$T_t = 4 \text{ s}$$

$$\text{kde: } T_{rt} = 1 \text{ [s]} \quad \text{čas rozběhu}$$

$$T_{dt} = 1 \text{ [s]} \quad \text{čas doběhu}$$

$$T_{cht} = 2 \text{ [s]} \quad \text{čas chodu}$$

**Čas rovnoměrného chodu  $T_{cht}$  [s]**

$$T_{cht} = T_t - T_{rt} - T_{dt} \quad (2)$$

$$T_{cht} = 4 - 1 - 1$$

$$T_{cht} = 2 \text{ s}$$

**Maximální rychlost  $v_{maxt}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{maxt} = \frac{L_t}{\left(\frac{T_{rt}}{2} + \frac{T_{dt}}{2} + T_{cht}\right) \cdot 1000} \quad (3)$$

$$v_{maxt} = \frac{350}{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 2\right) \cdot 1\,000}$$

$$v_{maxt} = 0,117 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Průměrná rychlost  $v_{\bar{t}}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{\bar{t}} = \frac{L_t}{T_t \cdot 1\,000} \quad (4)$$

$$v_{\bar{t}} = \frac{350}{4 \cdot 1\,000}$$

$$v_{\bar{t}} = 0,088 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při rozběhu  $a_{rt}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{rt} = \frac{v_{maxt}}{T_{rt}} \quad (5)$$

$$a_{rt} = \frac{0,117}{1}$$

$$a_{rt} = 0,117 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při doběhu  $a_{dt}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{dt} = \frac{v_{maxt}}{T_{dt}} \quad (6)$$

$$a_{dt} = \frac{0,117}{1}$$

$$a_{dt} = 0,117 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

***Stanovení elektromotoru pohonu teleskopu***

Pro výpočet výkonu je třeba určit potřebnou posuvnou sílu, kterou má motor vykonat. Dále je potřeba provést výpočet otáček řetězového kola a krouticích momentů při rozjezdu a pojezdu po řetězu, ze kterých je možné vypočíst výkon motoru pohonu teleskopu.

**Posuvná síla  $F_{pt}$  [N]**

$$F_{pt} = m_c \cdot g \cdot f \cdot k_k \quad (7)$$

$$F_{pt} = 3\,150 \cdot 9,81 \cdot 0,04 \cdot 1,05$$

$$F_{pt} = 1\,298 \text{ N}$$

**Průměrné otáčky řetězového kola  $n_{\dot{r}t}$  [ $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ ]**

$$n_{\dot{r}t} = \frac{v_{\dot{r}t} \cdot 60}{D_{pt} \cdot \pi} \quad (8)$$

$$n_{\dot{r}t} = \frac{0,088 \cdot 60}{0,106 \cdot \pi}$$

$$n_{\dot{r}t} = 15,77 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

**Maximální otáčky řetězového kola  $n_{\dot{r}mt}$  [ot · min<sup>-1</sup>]**

$$n_{\dot{r}mt} = \frac{v_{max t} \cdot 60}{D_p \cdot \pi} \quad (9)$$

$$n_{\dot{r}mt} = \frac{0,117 \cdot 60}{0,106 \cdot \pi}$$

$$n_{\dot{r}mt} = 21,02 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

**Krouticí moment při pojezdu  $M_{kt}$  [N · m]**

$$M_{kt} = \frac{F_{pt} \cdot D_{pt}}{2} \quad (10)$$

$$M_{kt} = \frac{1\,298 \cdot 0,106}{2}$$

$$M_{kt} = 68,79 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Výkon motoru při pojezdu  $P_{pojt}$  [kW]**

$$P_{pojt} = \frac{M_{kt} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{pmt}}{60 \cdot 1\,000} \quad (11)$$

$$P_{pojt} = \frac{68,79 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 21,02}{60 \cdot 1\,000}$$

$$P_{pojt} = 0,15 \text{ kW}$$

Je potřeba vypočítat krouticí moment při rozjezdu. Tento výpočet je potřebný k správné volbě motoru. Je třeba znát, jaký maximální krouticí moment pohon teleskopu při jeho funkci vykoná. Následně lze vypočítat potřebný výkon motoru.

**Výkon motoru při rozběhu  $P_{rozt}$  [kW]**

$$P_{rozt} = \frac{M_{kt} \cdot (1 + a_{rt}) \cdot \pi \cdot 2 \cdot n_{pmt}}{60 \cdot 1000} \quad (12)$$

$$P_{rozt} = \frac{68,79 \cdot (1 + 0,117) \cdot \pi \cdot 2 \cdot 21,02}{60 \cdot 1\,000}$$

$$P_{rozt} = 0,17 \text{ kW}$$

Výkon motoru při doběhu je stejný jako při rozběhu, protože  $a_{rt} = a_{dt}$ .

Na základě výpočtu volím pohon od firmy NORD. Jedná se o plochou elektropřevodovku typu SK 0282 NB – 80 SH/4.

***Parametry elektropřevodovky NORD [10]***

SK 0282 NB - 80 SH/4

Výkon motoru  $P_{tk} = 0,25 \text{ kW}$

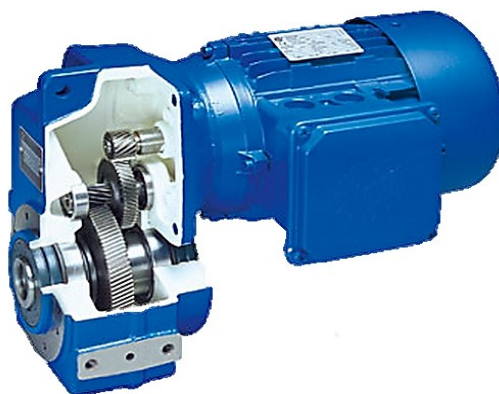
Výstupní otáčky  $n_{tk} = 24 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Krouticí moment  $M_{tk} = 98 \text{ N} \cdot \text{m}$

Převodový poměr  $i_{tk} = 57$

Hmotnost  $m_{etk} = 19 \text{ kg}$

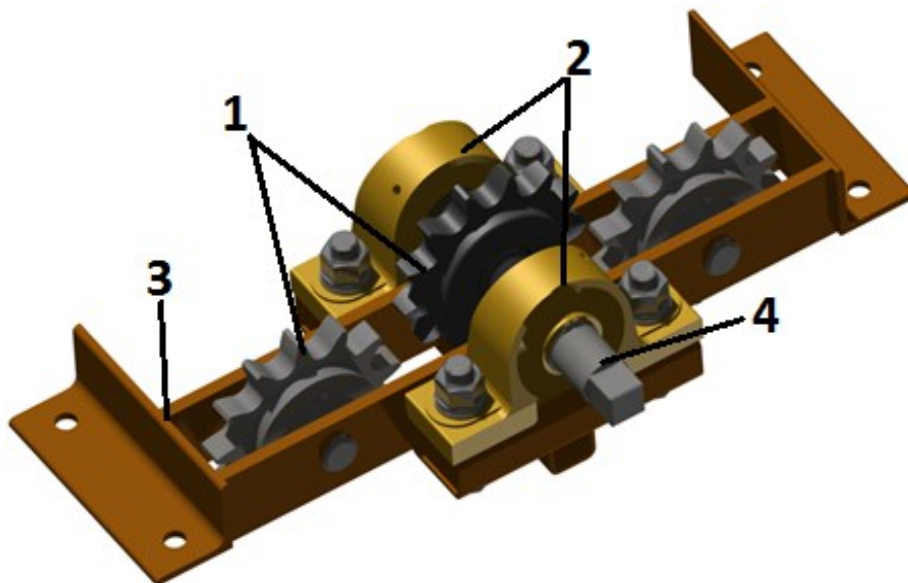
Výstup hřídele dutá hřídel o průměru 28 mm, délka 50 mm



Obr. 22 Plochá elektropřevodovka Nord [10]

### 3.2.2. Pohon teleskopu

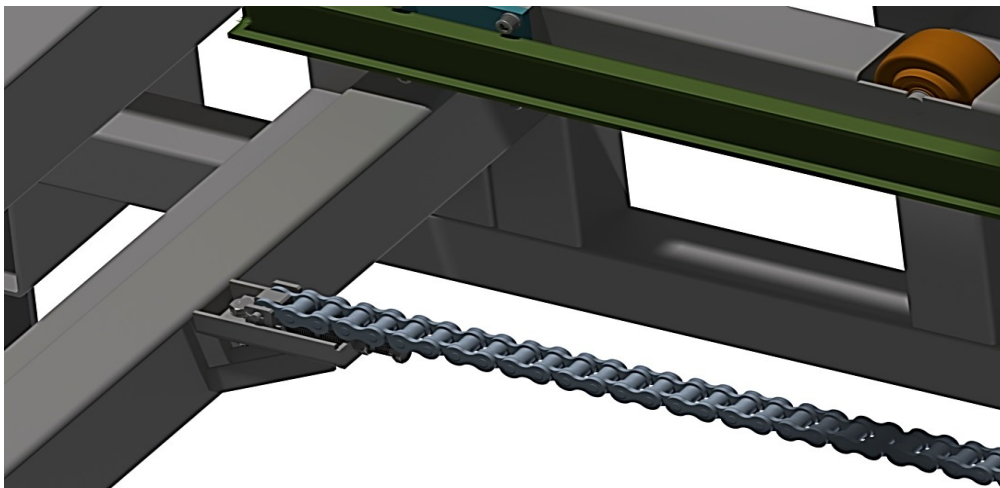
Pohyb teleskopu je pouze částečný. Koná pouze omezený posuv, který je nutný z důvodu konečného zasunu palety do boxu pomocí pohonu řetězu. Pohon se skládá ze tří ozubených řetězových kol. Prostřední řetězové kolo je uloženo pomocí dvou ložiskových domků a poháněno elektromotorem, který zajišťuje pohyb teleskopu. Zbylé dvě ozubené kola zajišťují funkčnost pojezdu řetězového pohonu teleskopu po řetězu.



Obr. 23 Konstrukční řešení pohonu teleskopu

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 1. Ozubené kola       | 3. Rám teleskopu |
| 2. Ložisková jednotka | 4. Kardan        |

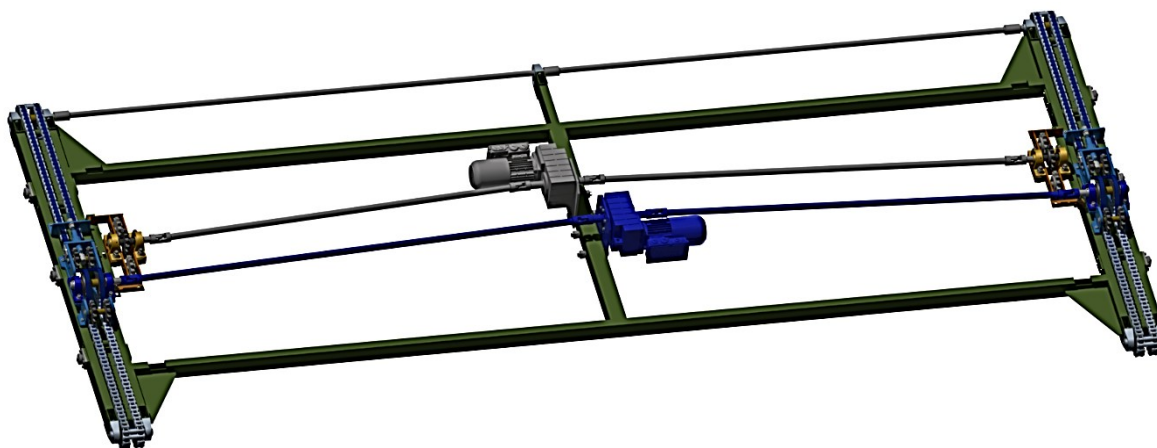
Řetěz, po kterém pojíždí pohon teleskopu, je umístěn na výtahovém zařízení. Řetěz je napínán z obou stran napínacím zařízením. Seřízení řetězů se nastavuje pomocí napínacího zařízení, které je upevněno na koncích řetězů pomocí čepu a zajištěn závlačkou. Zvolil jsem řetěz válečkový 16B-1, délky  $L = 1,8 \text{ m}$  [3].



Obr. 24 Konstrukční řešení upevnění a napínání řetězu

### 3.2.3. Výpočet elektromotoru pohonu řetězu

Druhý elektromotor zajišťuje pohon řetězu s unášecími valečky pro přesun palety. Tímto se docílí konečného zasunutí palety do boxu. Pohon řetězového přesunu palety je snímán absolutním rotačním snímačem. V obr. 25 je modrou barvou znázorněna elektromotor pohonu řetězu.



Obr. 25 Znázornění motoru pohonu řetězu

Zadané hodnoty:

Hmotnost automobilu

$$m_a = 2500 \text{ kg}$$

Hmotnost palety

$$m_p = 300 \text{ kg}$$



---

Celková vážená hmotnost	$m_c = 2800 \text{ kg}$
Dráha pojezdu	$L_{\check{r}} = 2200 \text{ m}$
Průměr řetězového kola	$D_{p\check{r}} = 0,106 \text{ m}$
Koeficient tření	$f = 0,04$
Koeficient znečištění kladek	$k_k = 1,05$

### ***Časový rozbor***

Nejprve je nutno zjistit časový rozbor chodu motoru. Jednotlivé časy byly zvoleny pro ideální rozběh, chod a doběh motoru, které jsou důležité pro výpočet maximální a průměrné rychlosti řetězu.

#### **Celkový čas chodu $T_{\check{r}}$ [s]**

$$T_{\check{r}} = T_{r\check{r}} + T_{d\check{r}} + T_{ch\check{r}} \quad (13)$$

$$T_{\check{r}} = 3 + 3 + 4$$

$$T_{\check{r}} = 10 \text{ s}$$

$$\text{kde: } T_{rt} = 3 \text{ [s]} \quad \text{čas rozběhu}$$

$$T_{dt} = 3 \text{ [s]} \quad \text{čas doběhu}$$

$$T_{cht} = 3 \text{ [s]} \quad \text{čas chodu}$$

#### **Čas rovnoměrného chodu $T_{ch\check{r}}$ [s]**

$$T_{ch\check{r}} = T_{\check{r}} - T_{r\check{r}} - T_{d\check{r}} \quad (14)$$

$$T_{ch\check{r}} = 10 - 3 - 3$$

$$T_{ch\check{r}} = 4 \text{ s}$$

**Maximální rychlost  $v_{max\check{r}}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{max\check{r}} = \frac{L_{\check{r}}}{\left(\frac{T_{r\check{r}}}{2} + \frac{T_{d\check{r}}}{2} + T_{ch\check{r}}\right) \cdot 1000} \quad (15)$$

$$v_{max\check{r}} = \frac{2\,200}{\left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2} + 4\right) \cdot 1000}$$

$$v_{max\check{r}} = 0,314 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Průměrná rychlost  $v_{\check{r}k\check{r}}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{\check{r}k\check{r}} = \frac{L_{\check{r}}}{T_{\check{r}} \cdot 1\,000} \quad (16)$$

$$v_{\check{r}k\check{r}} = \frac{2200}{10 \cdot 1\,000}$$

$$v_{\check{r}k\check{r}} = 0,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při rozběhu  $a_{rk\check{r}}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{rk\check{r}} = \frac{v_{max\check{r}}}{T_{r\check{r}}} \quad (17)$$

$$a_{rk\check{r}} = \frac{0,314}{3}$$

$$a_{rk\check{r}} = 0,105 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při doběhu  $a_{d\check{r}}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{d\check{r}} = \frac{v_{max\check{r}}}{T_{d\check{r}}} \quad (18)$$

$$a_{d\check{r}} = \frac{0,314}{3}$$

$$a_{d\check{r}} = 0,105 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Stanovení motoru pohonu řetězu**

Pro výpočet výkonu je třeba určit potřebnou posuvnou sílu, kterou má motor vykonat. Dále je nutné provést výpočet otáček řetězového kola a krouticích momentů při rozjezdu a pojezdu řetězu, ze kterých je možné vypočíst výkon motoru pohonu řetězu.

**Posuvná síla  $F_{př}$  [N]**

$$F_{př} = m_c \cdot g \cdot f \cdot k_k \quad (19)$$

$$F_{př} = 2\,800 \cdot 9,81 \cdot 0,04 \cdot 1,05$$

$$F_{př} = 1\,154 \text{ N}$$

**Průměrné otáčky řetězového kola  $n_{řkř}$  [ot · min<sup>-1</sup>]**

$$n_{řkř} = \frac{v_{řkř} \cdot 60}{D_{př} \cdot \pi} \quad (20)$$

$$n_{řkř} = \frac{0,22 \cdot 60}{0,106 \cdot \pi}$$

$$n_{řkř} = 39,64 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

**Maximální otáčky řetězového kola  $n_{kmř}$  [ot · min<sup>-1</sup>]**

$$n_{kmř} = \frac{v_{maxř} \cdot 60}{D_{př} \cdot \pi} \quad (21)$$

$$n_{kmř} = \frac{0,314 \cdot 60}{0,106 \cdot \pi}$$

$$n_{kmř} = 56,63 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

**Krouticí moment při pojezdu  $M_{kř}$  [N · m]**

$$M_{kř} = \frac{F_{př} \cdot D_{př}}{2} \quad (22)$$

$$M_{kř} = \frac{1\,154 \cdot 0,106}{2}$$

$$M_{kř} = 61,14 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Výkon motoru při pojezdu $P_{pojř}$ [kW]

$$P_{pojř} = \frac{M_{kř} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{kmř}}{60 \cdot 1\,000} \quad (23)$$

$$P_{pojř} = \frac{61,14 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 56,63}{60 \cdot 1000}$$

$$P_{pojř} = 0,36 \text{ kW}$$

Je potřeba vypočítat krouticí moment při rozjezdu. Tento výpočet je potřebný k správné volbě motoru. Je třeba znát, jaký maximální krouticí moment řetězový pohon při jeho funkci vykoná. Následně lze vypočítat potřebný výkon motoru.

### Krouticí moment při rozjezdu $M_{krř}$ [N · m]

$$M_{krř} = (F_{př} + m_c \cdot a_{rř}) \cdot \frac{D_{př}}{2} \quad (24)$$

$$M_{krř} = (1\,154 + 2\,800 \cdot 0,105) \cdot \frac{106}{2}$$

$$M_{krř} = 76,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Výkon motoru při rozběhu $P_{maxř}$ [kW]

$$P_{maxř} = \frac{M_{krř} \cdot (1 + a_{rř}) \cdot \pi \cdot 2 \cdot n_{kmř}}{60 \cdot 1\,000} \quad (25)$$

$$P_{maxř} = \frac{76,69 \cdot (1 + 0,105) \cdot \pi \cdot 2 \cdot 56,63}{60 \cdot 1000}$$

$$P_{maxř} = 0,5 \text{ kW}$$

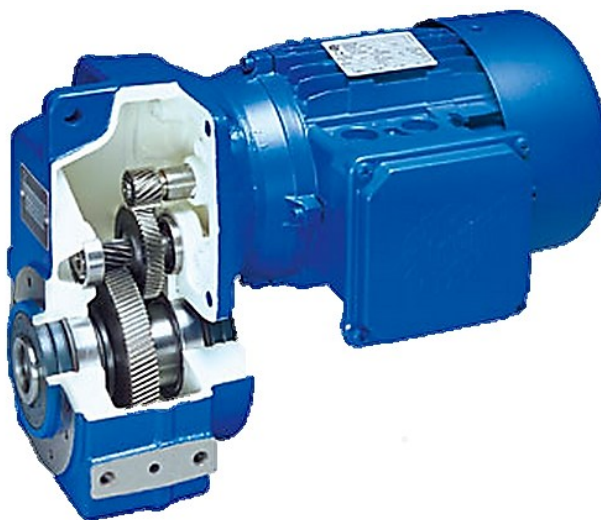
Výkon motoru při doběhu je stejný jako při rozběhu, protože  $a_{rř} = a_{dř}$ .

Na základě výpočtu volím pohon od firmy NORD. Jedná se o plochou elektropřevodovku typu SK 0282 NB – 80 SH/4.

***Parametry elektropřevodovky NORD [10]***

SK 0282 NB - 80 SH/4

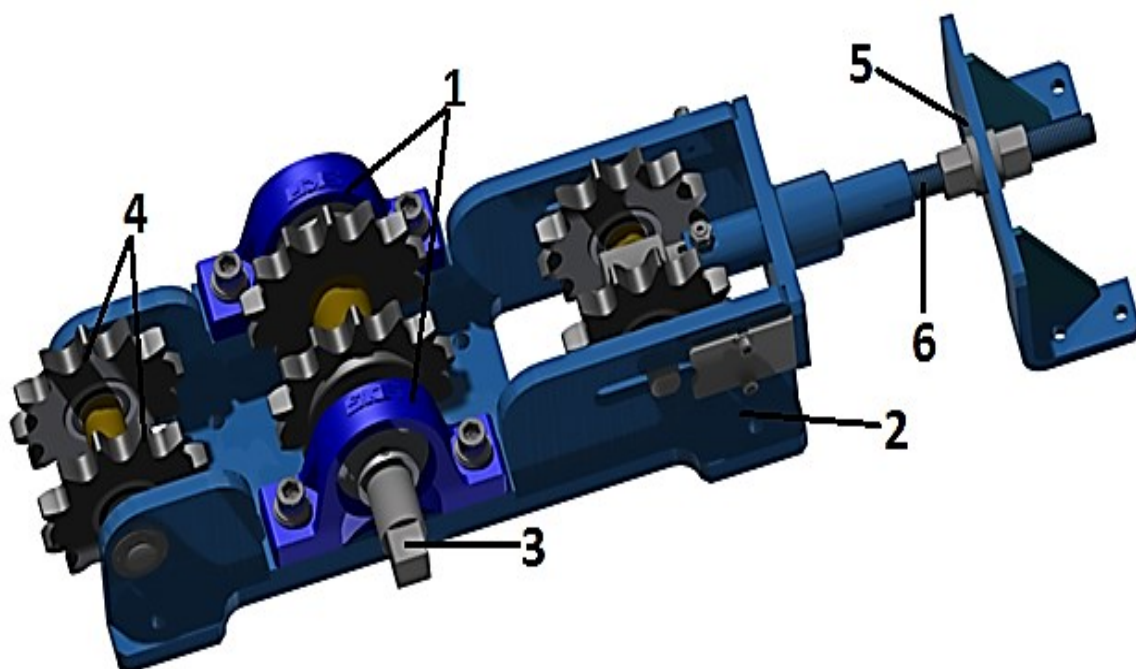
Výkon motoru	$P_{\check{r}k} = 0,55 \text{ kW}$
Výstupní otáčky	$n_{\check{r}k} = 63 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
Krouticí moment	$M_{\check{r}k} = 84 \text{ N} \cdot \text{m}$
Převodový poměr	$i_{\check{r}k} = 22,7$
Hmotnost	$m_{e\check{r}k} = 17 \text{ kg}$
Výstup hřídele	dutá hřídel průměr 28 mm, délky 50 mm



Obr. 26 Plochá elektropřevodovka Nord [10]

**3.2.4. Pohon řetězu**

Pohon řetězu koná hlavní funkci zakládání palety s automobilem. Funguje na základě použití dvou válečkových řetězů 16B-1, délky  $L = 4,8 \text{ m}$ , mezi kterými jsou na každé straně umístěny dva unášecí válečky. Pohon se skládá ze tří párů řetězových kol. Prostřední pár řetězových kol je uložen ve dvou ložiskových domcích a poháněn elektromotorem, který zajišťuje pohyb. Zadní pár řetězových kol je uložen na hřídeli, která pojíždí v drážkách umístěných v rámu pohonu. Hřídel je propojena se zadní konzolí šroubů a slouží k napínání řetězového pohonu. Přední pár řetězových kol slouží pro funkčnost pohonu.



Obr. 27 Konstrukční řešení pohonu řetězu

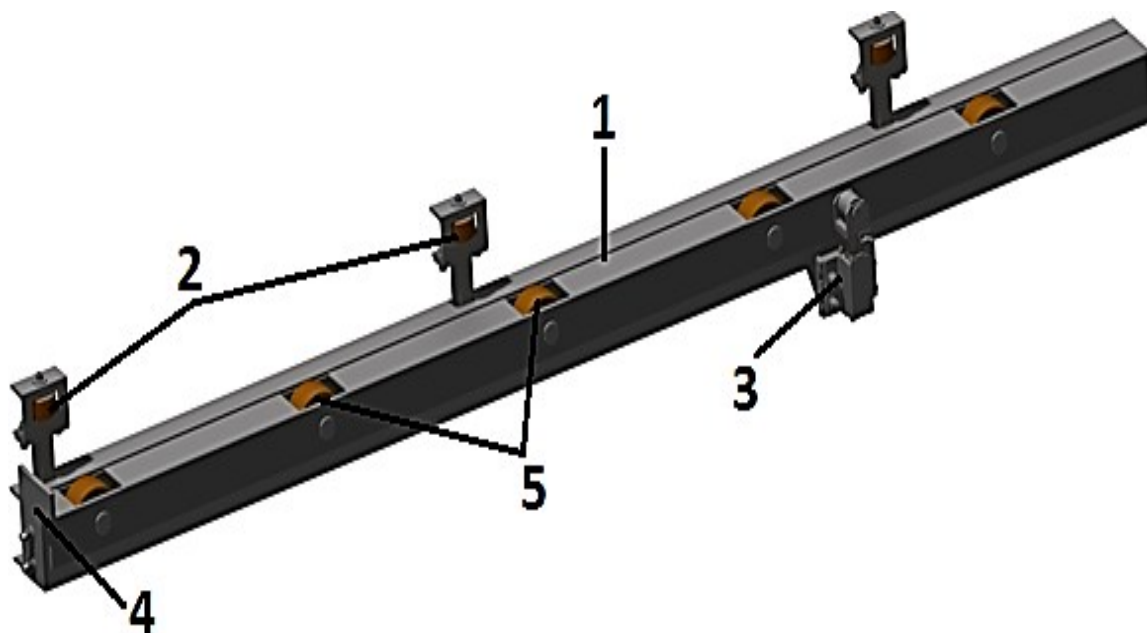
- |                       |                  |                     |
|-----------------------|------------------|---------------------|
| 1. Ložisková jednotka | 3. Kardan        | 5. Napínací konzole |
| 2. Rám pohonu         | 4. Řetězové kolo | 6. Šroub            |

### 3.3. Parkovací box

Parkovací boxy slouží k uskladnění palet s automobily. Boxy jsou umístěny v každém patře: v prvním až pátém. Každý box je vybaven levou a pravou kolejí. Koleje jsou připevněny pomocí závitových tyčí k betonovému patru parkovacího boxu.

#### 3.3.1. Kolej boxu

Pravá kolej je vybavena brzdou, která má za účel zabrzdit paletu s autem, jenž se pohybuje po koleji. Kolej je na konci vybavena dorazem pro případ nefunkčnosti brzdy. Má zabránit vyjetí palety z koleje a naražení do zdi budovy. Kontrola palety je zajištěna snímači. Koleje jsou složeny z pojezdových a bočních kol.

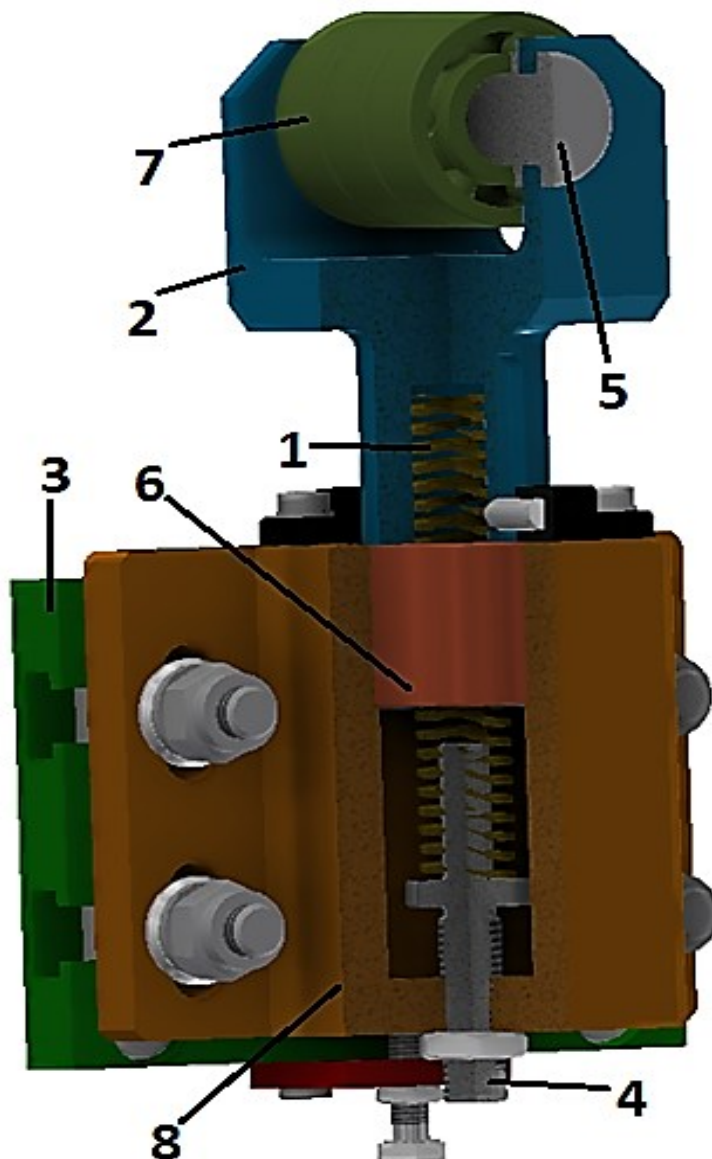


Obr. 28 Konstrukční řešení pojezdové koleje boxu

- |               |          |                |
|---------------|----------|----------------|
| 1. Rám kolejí | 3. Brzda | 5. Spodní kola |
| 2. Boční kola | 4. Doraz |                |

### 3.3.2. Brzda boxové koleje

Brzda funguje na principu najetí sady kuličkových ložisek do drážky západky umístěné na paletě. Trojice ložisek je uchycena pomocí čepu k držáku kladky. Držák kladky se při najetí palety na ložiska zasune pomocí kluzného ložiska do tělesa brzdy. Pružina je nastavitelná pomocí stavěcího šroubu. Těleso brzdy je upevněno k stavěcí desce pomocí šroubu. Stavěcí deska je nastavitelná a je upevněná k rámu koleje.



Obr. 29 Konstrukční řešení brzdy koleje boxu

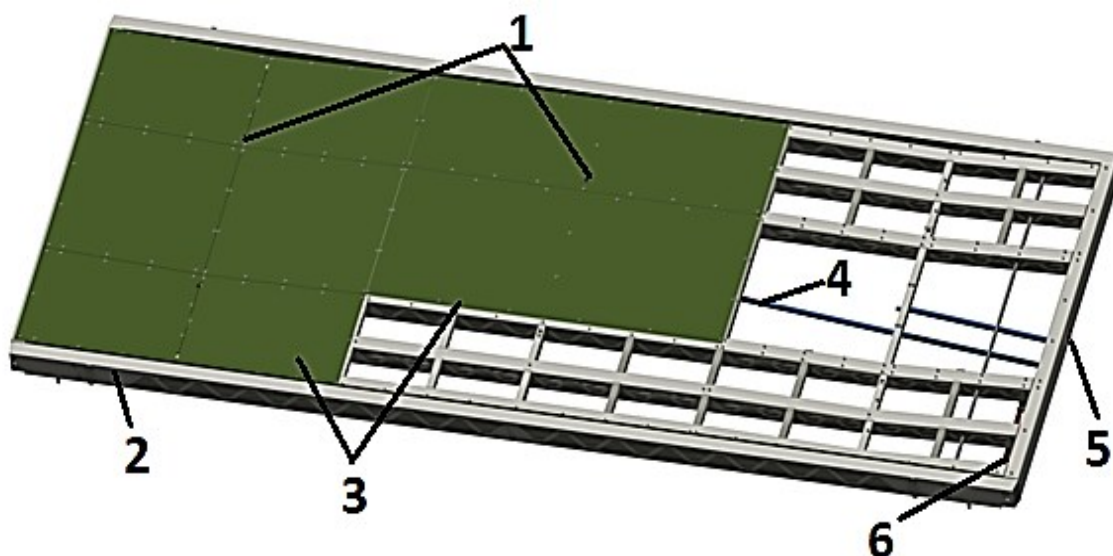
- |                  |                   |                      |
|------------------|-------------------|----------------------|
| 1. Pružina       | 4. Stavěcí šroub  | 7. Kuličková ložiska |
| 2. Držák kladky  | 5. Čep kladky     | 8. Těleso brzdy      |
| 3. Stavěcí deska | 6. Kluzné ložisko |                      |

### 3.4. Paleta

Slouží k přesunu automobilu do jednotlivých parkovacích boxů. Hlavní částí je svařovaná konstrukce rámu do tvaru U. Na konstrukci rámu jsou umístěny ocelové pláty plechu o tloušťce 3 mm. Pláty plechu jsou opatřeny otvory a propojeny plastovými trubkami, které slouží k odtoku vody nebo případných kapalin z palety. Paleta je ze spodní a boční

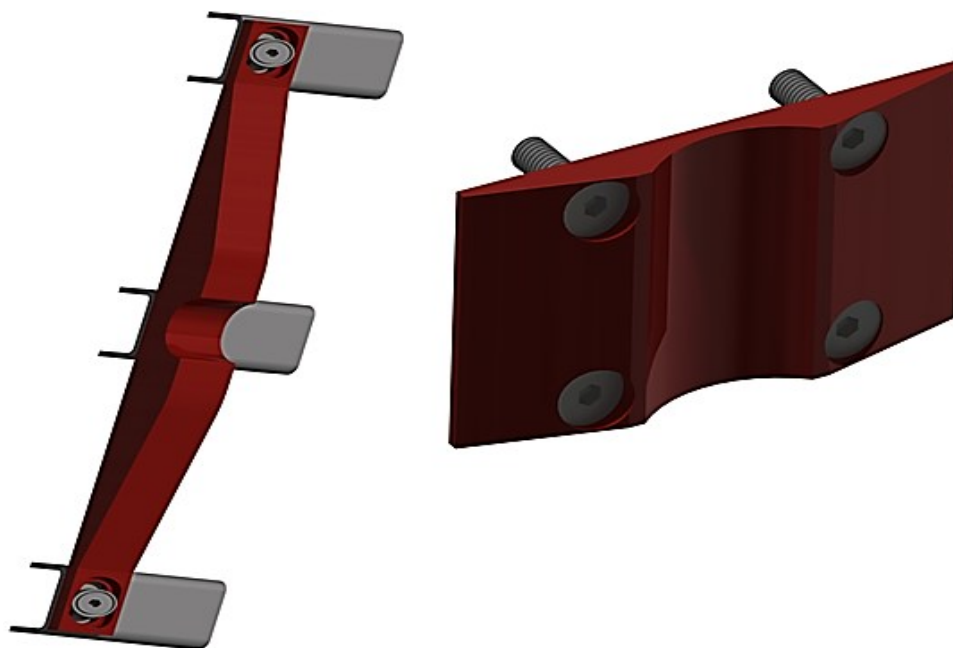


strany vybavena západkami pro brzdy. Boční výtahová západka složí k zastavení palety ve výtahovém zařízení a paletová západka složí k zastavení palety v parkovacím boxu.



Obr. 30 Konstrukční řešení palety

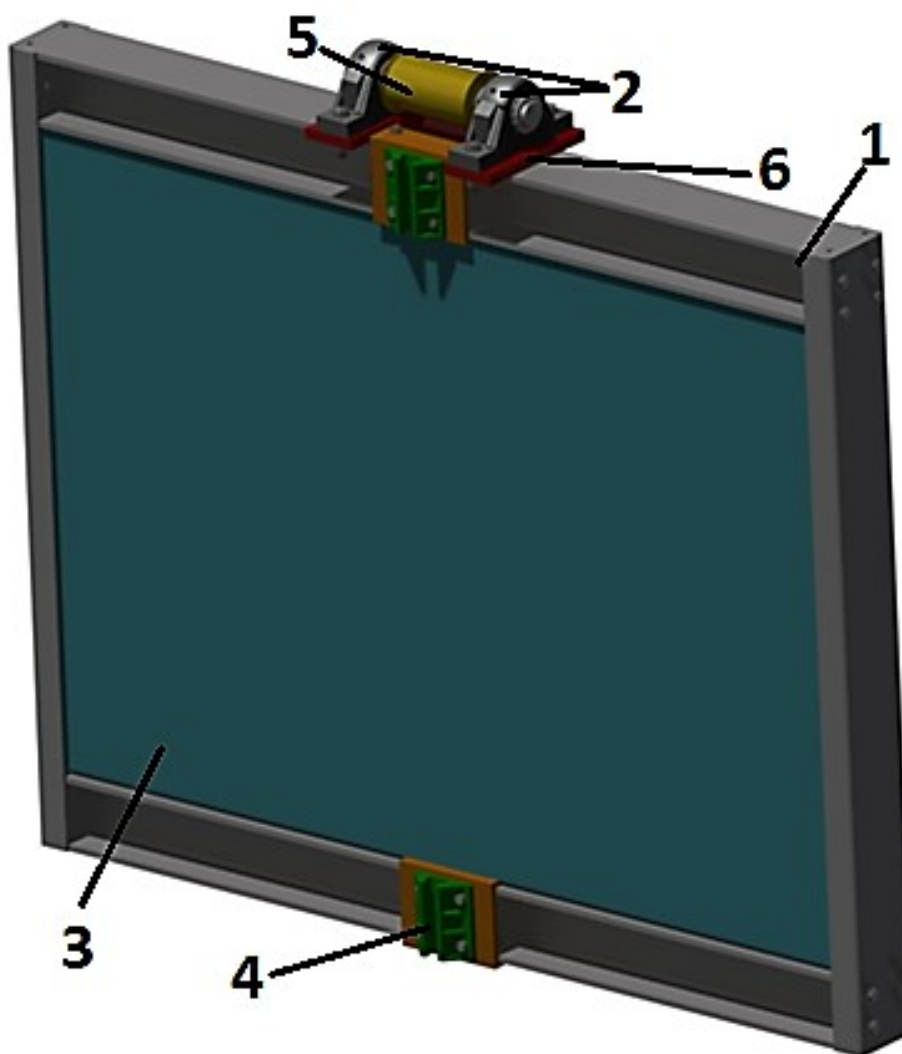
- |                  |                    |                           |
|------------------|--------------------|---------------------------|
| 1. Odtokové díry | 3. Pláty plechu    | 5. Západka výtahové brzdy |
| 2. Rám palety    | 4. Odtokové trubky | 6. Západka paletové brzdy |



Obr. 31 Vlevo západka palety brzdy a vpravo západka výtahové brzdy

### 3.5. Protizávaží

Protizávaží se skládá z rámu a kovových desek, které jsou umístěny na sobě a tvoří hmotnostní výplň protizávaží. Dále se skládá z kluzných čelistí vodítek, které jsou umístěny na horním a spodním rámu protizávaží a slouží k bezpečnému svislému pohybu protizávaží v kolejích. Neméně důležitou částí jsou stojaté ložiskové jednotky umístěny na horní části rámu s bubnem. Ocelové domečky s bubnem jsou upevněny pomocí šroubů ke kotvicí desce, která je přivařená k rámu protizávaží. Protizávaží visí pomocí bubnu na ozubeném řemenu od firmy GATES.



Obr. 32 Konstrukční řešení protizávaží

- |                               |                  |                      |
|-------------------------------|------------------|----------------------|
| 1. Rám protizávaží            | 3. Buben         | 5. Výplň protizávaží |
| 2. Stojaté ložisková jednotka | 4. Kotvicí deska | 6. Vodítka           |

### 3.5.1. Výpočet hmotnosti protizávaží

Zadané hodnoty:

Hmotnost automobilu  $m_a = 2500 \text{ kg}$

Hmotnost palety  $m_p = 300 \text{ kg}$

Hmotnost klece  $m_k = 1600 \text{ kg}$

Hmotnost teleskopů  $m_t = 350 \text{ kg}$

Hmotnost rámu a domečku závaží  $m_r = 200 \text{ kg}$

Hmotnost výplně 20x120x750  $m_v = 33 \text{ kg}$

Řemenový převod  $i_{\text{ř}} = 2$

**Hmotnost klece a teleskopu  $m_{kt}$  [kg]**

$$m_{kt} = m_k + m_t \quad (26)$$

$$m_{kt} = 1\,600 + 350$$

$$m_{kt} = 1\,950 \text{ kg}$$

**Nosnost klece  $m_n$  [kg]**

$$m_n = m_a + m_p \quad (27)$$

$$m_n = 2\,500 + 300$$

$$m_n = 2\,800 \text{ kg}$$

**Hmotnost celkového protizávaží  $m_{pc}$  [kg]**

$$m_{pc} = \left(\frac{m_n}{2} + m_{kt}\right) \cdot i_{\text{ř}} \quad (28)$$

$$m_{pc} = \left(\frac{2\,800}{2} + 1\,950\right) \cdot 2$$

$$m_{pc} = 6\,700 \text{ kg}$$

**Hmotnost jednoho protizávaží  $m_{pj}$  [kg]**

$$m_{pj} = \frac{m_{pc}}{2} \quad (29)$$

$$m_{pj} = \frac{6\,700}{2}$$

$$m_{pj} = 3\,350 \text{ kg}$$

**Výplň jednoho protizávaží s rámem  $m_{vc}$  [kg]**

$$m_{vc} = m_v \cdot i + m_r \quad (30)$$

$$m_{vc} = 48 \cdot 66 + 200$$

$$m_{vc} = 3\,368 \text{ kg}$$

kde:  $i$  [–] Počet desek výplně

Vzhledem k rozměrům rámu a umístění teleskopu na rám zvedacího zařízení nebude výplň z betonu, ale musí být z oceli.

**Skutečná přenášená hmotnost protizávaží  $m_{skp}$  [kg]**

Závaží bude umístěno z obou stran klece, hmotnost jednoho závaží  $m_{vc} = 3\,368$  kg. Přenášená hmotnost protizávažím bude však snížena z důvodu použití kladky. Hmotnost skutečného přenášeného závaží bude tedy odpovídat jednomu protizávaží  $m_{skp} = 3\,368 \text{ kg}$ .

### 3.6. Řemen GATES [6]

Neoprenový ozubený řemen s profilem ozubení HTD. Je určen pro nejširší oblast průmyslových pohonů s výkonem až do 1 000 kW a s otáčkami do 20 000 ot · min<sup>-1</sup>. Řemen je proveden s obloukovým tvarem zubu, který dovoluje přenášet vyšší výkony, než řemeny s lichoběžníkovým tvarem ozubení. Řemen se musí nasadit na řemenice HTD.

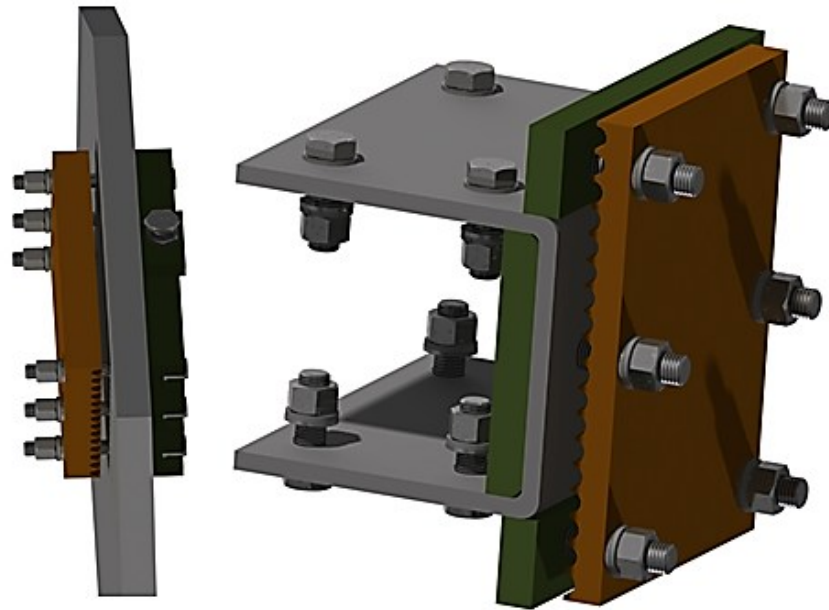


Obr. 33 Řemen HTD14 od firmy Gates [7]

Stoupání	$P_{rg} = 14 \text{ mm}$
Šířka	$\check{S}_{rg} = 170 \text{ mm}$
Tolerance šířky 100 mm do 170 šířka	$T_{rg} = \pm 2 \text{ mm}$
Minimální svařovaná délka řemene	$L_{minrg} = 1,2 \text{ m}$
Standardní délka role	$L_{rrg} = 50 \text{ m}$
Standardní barva	bílá
Minimální počet zubů řemenice	$I_{minrg} = 28 \text{ zubů}$
Minimální průměr řemenice	$D_{pminrg} = 124,78 \text{ mm}$
Minimální zpětný průměr ohybu	$D_{zminrg} = 200 \text{ mm}$

### 3.6.1. Kotevní zařízení řemene Gates

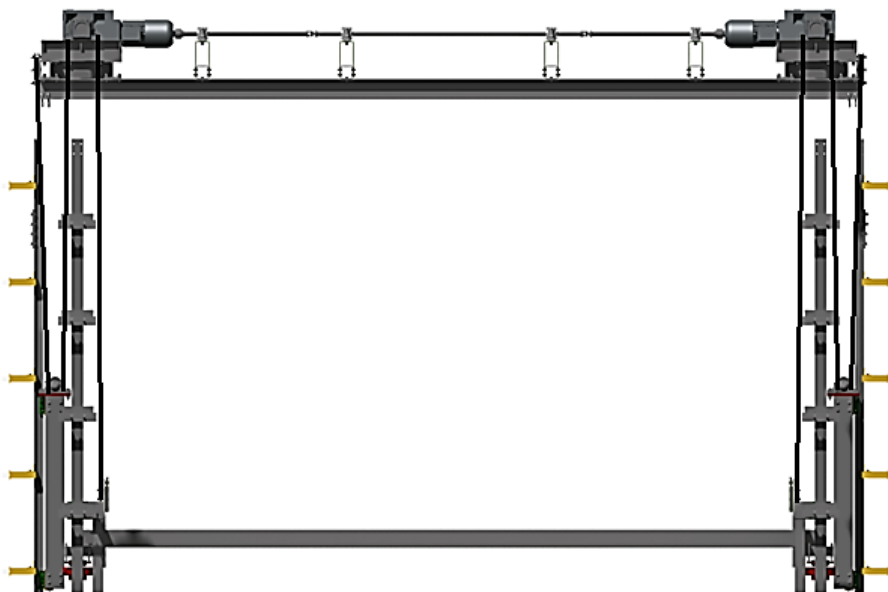
Řemen je z jedné strany uchycen na zvedacím zařízení a z druhé strany na výtahovém zařízení. Řemen a kotevní deska jsou zachyceny mezi čelisti a upínací desku pomocí šroubového spojení. Přítlačná čelist kopíruje drážku stoupání řemene tak, aby bylo zajištěno pevné kotevní spojení.



Obr. 34 Konstrukční řešení kotevního zařízení řemene

### 3.7. Princip zvedání

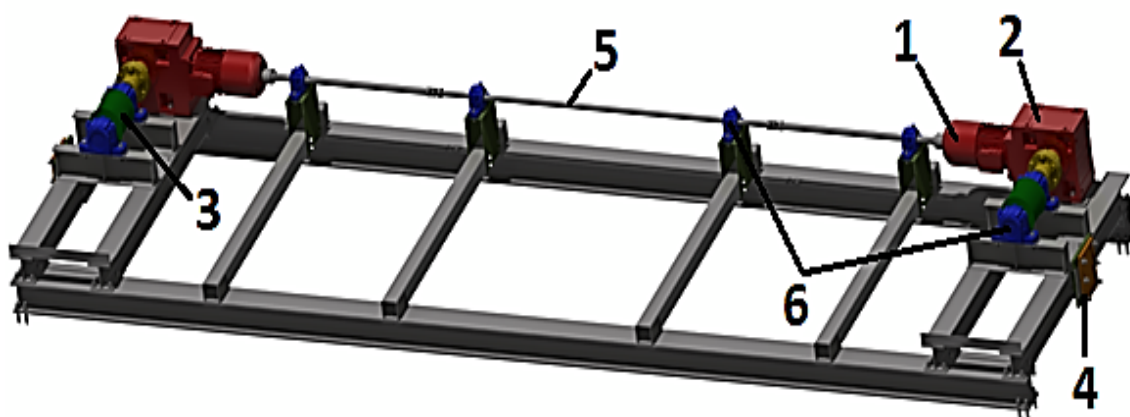
Zvedací zařízení je propojeno s protizávažím a výtahovým zařízením pomocí ozubeného řemene GATES. Na protizávaží je umístěn buben, který vykonává funkci kladky. Kladka odstraňuje problém se zasahováním protizávaží do přízemního patra objektu a zajišťuje bezpečnou funkčnost parkovacího systému. Snímání zdvihu zvedacího zařízení je provedeno pomocí absolutního snímače.



Obr. 35 Konstrukční řešení provedení řemene

### 3.7.1. Zvedací zařízení

Všechny nutné komponenty pro zvedání jsou umístěny na zvedacím rámu zařízení. Spojují je šroubové spoje. Svislý pohyb výtahového zařízení s paletou zajišťují dva elektromotory s převodovkami NORD spojené mechanickou hřídelí. Jeden motor je vybaven inkrementálním snímačem. Mechanická hřídel je podepřena čtyřmi ložiskovými jednotkami. Řemenice pohánějící řemen GATES je také uložena ve dvou ložiskových jednotkách na obou stranách zvedacího zařízení. Převodovku a hřídel řemenice spojuje spojka.



Obr. 36 Konstrukční řešení zvedacího zařízení

- |                      |                     |                       |
|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1. Elektromotor NORD | 3. Řemenice GATES   | 5. Mechanická hřídel  |
| 2. Převodovka NORD   | 4. Kotevní zařízení | 6. Ložisková jednotka |

### Výpočet zvedacího zařízení

Zadané hodnoty:

Hmotnost automobilu	$m_a = 2500 \text{ kg}$
Hmotnost palety	$m_p = 300 \text{ kg}$
Hmotnost teleskopu	$m_t = 350 \text{ kg}$
Hmotnost výtahové konstrukce	$m_v = 1600 \text{ kg}$
Celková zdvihaná hmotnost	$m_c = 4750 \text{ kg}$
Hmotnost protizávaží	$m_{pc} = 3\,368 \text{ kg}$

Dráha zvedání  $L_z = 13,8 \text{ m}$

Průměr řemenice  $D_p = 0,19 \text{ m}$

### 3.7.2. Výpočet elektromotoru zdvihu

#### *Časový rozbor*

Nejprve je nutno zjistit časový rozbor chodu motoru. Jednotlivé časy byly zvoleny pro ideální rozběh, chod a doběh motoru, které jsou důležité pro výpočet maximální a průměrné rychlosti zdvihu výtahu.

#### **Celkový čas chodu zdvihu $T_z$ [s]**

$$T_z = T_{rz} + T_{dz} + T_{chz} \quad (31)$$

$$T_z = 3 + 3 + 14$$

$$T_z = 20 \text{ s}$$

$$\text{kde: } T_{rz} = 3 \text{ [s]} \quad \text{čas rozběhu}$$

$$T_{dz} = 3 \text{ [s]} \quad \text{čas doběhu}$$

$$T_{chz} = 14 \text{ [s]} \quad \text{čas chodu}$$

#### **Čas rovnoměrného chodu $T_{chz}$ [s]**

$$T_{chz} = T_z - T_{rz} - T_{dz} \quad (32)$$

$$T_{chz} = 20 - 3 - 3$$

$$T_{chz} = 14 \text{ s}$$

#### **Maximální rychlost $v_{maxz}$ [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{maxz} = \frac{L_z}{\left(\frac{T_{rz}}{2} + \frac{T_{dz}}{2} + T_{chz}\right)} \cdot 1\,000 \quad (33)$$



$$v_{maxz} = \frac{13,8}{\left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2} + 14\right) \cdot 1\,000}$$

$$v_{maxz} = 0,812 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Průměrná rychlost  $v_{kz}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$v_{kz} = \frac{L_z}{T_z \cdot 1\,000} \quad (34)$$

$$v_{kz} = \frac{13,8}{20 \cdot 1\,000}$$

$$v_{kz} = 0,69 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při rozběhu  $a_{rkz}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{rkz} = \frac{v_{maxř}}{T_{ř}} \quad (35)$$

$$a_{rkz} = \frac{0,812}{3}$$

$$a_{rkz} = 0,271 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Zrychlení při doběhu  $a_{dkz}$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]**

$$a_{dkz} = \frac{v_{maxř}}{T_{dř}} \quad (36)$$

$$a_{dkz} = \frac{0,812}{3}$$

$$a_{dkz} = 0,271 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Stanovení motoru zdvihu**

**Hmotnost pro výpočet pohonu  $m_{zv}$  [kg]**

Pro výpočet motoru je nutné znát rozdíl hmotností mezi výtahem s automobilem a paletou a bez automobilu s paletou.

**Hmotnost na prázdkno (bez palety s automobilem)  $m_{zv1}$  [kg]**

$$m_{zv1} = (m_v + m_t) - m_{pc} \quad (37)$$

$$m_{zv1} = (1\,600 + 350) - 3368$$

$$m_{zv1} = -1\,418 \text{ kg}$$

**S plnou hmotností  $m_{zv2}$  [kg]**

$$m_{zv2} = (m_v + m_t + m_p + m_a) - m_{pc} \quad (38)$$

$$m_{zv2} = (1\,600 + 350 + 30 + 2500) - 3368$$

$$m_{zv2} = 1\,382 \text{ kg}$$

Hmotnost pro výpočet pohonu určují  $m_{zv} = 1418 \text{ kg}$ , protože je vhodné zvolit tu těžší variantu hmotnosti.

**Maximální otáčky motoru při  $n_{maxz}$  [ot · min<sup>-1</sup>]**

$$n_{maxz} = \frac{v_{maxz} \cdot 60}{D_p \cdot \pi} \quad (39)$$

$$n_{maxz} = \frac{0,812 \cdot 60}{0,19 \cdot \pi}$$

$$n_{maxz} = 81,6 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro výpočet výkonu je třeba určit potřebnou zdvižnou sílu, kterou má motor vykonat.

**Zdvižná síla zdvihu  $F_z$  [N]**

$$F_z = m_{zv} \cdot g \cdot k \quad (40)$$

$$F_z = 1\,418 \cdot 9,81 \cdot 1,4$$

$$F_z = 19\,474,82 \text{ N}$$

kde:  $k = 1,4 [-]$  bezpečnost zdvižné síly

**Úhlové zrychlení motoru  $\varepsilon_m$  [ $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$ ]**

$$\varepsilon_m = \frac{a_r \cdot 2}{D_p} \quad (41)$$

$$\varepsilon_m = \frac{0,271 \cdot 2}{0,19}$$

$$\varepsilon_m = 2,8 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Krouticí moment zdvihu  $M_{kz}$  [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ]**

Do výpočtu krouticího momentu zahrnuji pohyb rotujících hmot.

$$M_{kz} = \frac{\varepsilon_m \cdot \left( \frac{m_{zv} \cdot D_p^2}{2^2} + I_p + I_m \right)}{\eta_o} + F_z \cdot \frac{D_p}{2} \quad (42)$$

$$M_{kz} = \frac{2,8 \cdot \left( \frac{1\,418 \cdot 0,19^2}{2^2} + 0,01 + 0,05 \right)}{0,9} + 19\,474,82 \cdot \frac{0,19}{2}$$

$$M_{kz} = 1\,890,81 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde: $I_m =$	0,05 [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	Moment setrvačnosti motoru
$I_p =$	0,01 [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	Moment setrvačnosti pastorku
$\eta_o =$	0,9 [–]	Účinnost převodu

**Výkon motoru  $P_z$  [kW]**

$$P = \frac{M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{max}}{60 \cdot 1\,000 \cdot \eta_o} \quad (43)$$

$$P = \frac{1\,890,81 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 81,6}{60 \cdot 1000 \cdot 0,9}$$

$$P = 18 \text{ kW}$$

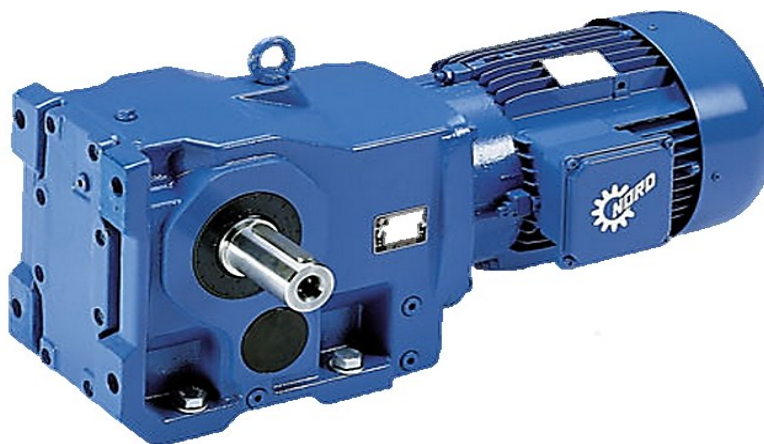
kde: $\eta_o =$	0,9 [–]	Účinnost převodu motoru
-----------------	---------	-------------------------

Na základě výpočtů volím dva pohony od firmy NORD. Jedná se o kuželočelní elektropřevodovku typu SK 9032.1 – 132LH/4. Součástí elektropřevodovky je brzda BRE 100 a pro přesné nastavení výstupních otáček je součástí motoru frekvenční měnič.

***Parametry elektropřevodovky NORD [10]***

SK 9032.1 - 132 LH/4

Výkon motoru	$P_{zk} = 9,2 \text{ kW}$
Výstupní otáčky	$n_{zk} = 90 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
Krouticí moment	$M_{zk} = 972 \text{ N} \cdot \text{m}$
Převodový poměr	$i_{zk} = 16,4$
Hmotnost	$m_{ezk} = 120 \text{ kg}$
Výstup hřídele	dutá hřídel průměr 50 mm, délky 80 mm



Obr. 37 Kuželočelní elektropřevodovka Nord [10]

Pro spojení hřídele s motorem a z důvodu bezpečnosti volím diskovou spojku s montážní drážkou řady LP1 2000 od společnosti R+W [11].



Obr. 38 Spojka LP1 2000 R+W [11]

**Parametry spojky:**

Jmenovitý krouticí moment  $M_s = 2000 \text{ N} \cdot \text{m}$

Max. točivý moment  $M_{smax} = 4\,00 \text{ N} \cdot \text{m}$

Celková délka  $L_s = 158 \text{ mm}$

Vnitřní průměry  $d_s = 60 \text{ mm}$

Vnější průměr  $D_s = 120 \text{ mm}$

## 4. Kontrola vybraných prvků

### 4.1. Kontrola pera řemenice

Pero je umístěno na průměru hřídele  $D_{hř} = 75$  mm, je zatěžováno silou vyvozenou z hmotnosti výtahového zařízení s protizávažím  $F_{řz} = 9\,736,84$  N. Pro přenášení síly volím pero těsné 20e7 x 8 x 160 ČSN 02 2562. Materiál pera 11 600 [3].

#### Výpočet momentu na střih $M_{řs}$ [N · m]

$$M_{řs} = \frac{M_{kz}}{2} \quad (44)$$

$$M_{řs} = \frac{1850}{2}$$

$$M_{řs} = 925 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### Výpočet skutečné síly na střih $F_{řz}$ [N]

$$F_{řz} = \frac{M_{řs}}{P_{dp}} \quad (45)$$

$$F_{řz} = \frac{925}{0,095}$$

$$F_{řz} = 9\,736,84 \text{ N}$$

$$\text{kde: } P_{dp} = 0,095 \text{ [mm]} \quad \text{Poloměr řemenice}$$

#### Kontrola pera na střih $\tau_{sř}$ [MPa]

$$\tau_{sř} = \frac{F_{řz}}{S_{sř}} = \frac{F_{řz}}{b_{ř} \cdot h_{ř}} \leq \tau_{Dsř} \quad (46)$$

$$\tau_{sř} = \frac{9\,736,84}{20 \cdot 8}$$

$$\tau_{sř} = 60,86 \text{ MPa} \leq 80 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

---

kde: $b_b =$	20 [mm]	Šířka pera
$h_b =$	8 [mm]	Výška pera
$\tau_{Dsř} =$	80 [MPa]	Napětí dovolené v stříhu

**Kontrola pera na otláčení  $p_{ř}$  [MPa]**

$$p_{ř} = \frac{F_{řz}}{S_{oř}} = \frac{F_{řz}}{t_{1ř} \cdot l_{cř}} \leq p_{dř} \quad (47)$$

$$p_{ř} = \frac{9\,736,84}{4 \cdot 140}$$

$$p_{ř} = 17,39 \text{ MPa} \leq 120 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

kde: $t_{1ř} =$	4 [mm]	Výška spoje pera s bubne
$l_{cř} =$	140 [mm]	Celková délka spoje pera
$p_{dř} =$	120 [MPa]	Napětí dovolené v tlaku

**Celková délka spoje pera  $l_{cř}$  [mm]**

$$l_{cř} = l_{kb} - 2 \cdot R_{kb} \quad (48)$$

$$l_{cř} = 160 - 2 \cdot 10$$

$$l_{cř} = 140 \text{ mm}$$

kde: $R_{ř} =$	10 [mm]	Rádus pera
$l_{ř} =$	160 [mm]	Délka pera

Navržené pero vyhovuje kontrolám a může se použít k přenášení krouticího momentu na řemenici.

#### 4.2. Kontrola ložisek řemenice

Hřídel řemenice je uložena na dvou radiálních ložiskách. Před kontrolou je nutné si nejprve určit reakce v ložiskách.

##### Určení síly řemenice $F_{\text{ř}}$

Síla  $F_{\text{ř}}$  vzniká působením hmotnosti naloženého zvedacího zařízení s protizávažím. Hmotnost naloženého zvedacího zařízení je nutno podělit dvěma z důvodu použití dvou řemenic.

Zadané hodnoty: Hmotnost automobilu	$m_a = 2500 \text{ kg}$
Hmotnost palety	$m_p = 300 \text{ kg}$
Hmotnost teleskopu	$m_t = 350 \text{ kg}$
Hmotnost výtahové konstrukce	$m_v = 1600 \text{ kg}$
Celková zdvihaná hmotnost	$m_c = 4750 \text{ kg}$
Hmotnost protizávaží	$m_{pc} = 3\,368 \text{ kg}$

##### Výpočet hmotností zatížení řemenice $m_{z\text{ř}}$ [kg]

$$m_{kt} = \frac{m_c + m_{pc}}{2} = \frac{(m_a + m_p + m_t + m_v) + m_{pc}}{2} \quad (49)$$

$$m_{kt} = \frac{(2\,500 + 300 + 350 + 1\,600) + 3\,368}{2}$$

$$m_{kt} = 4\,059 \text{ kg}$$

##### Určení síly $F_{\text{ř}}$ [N]

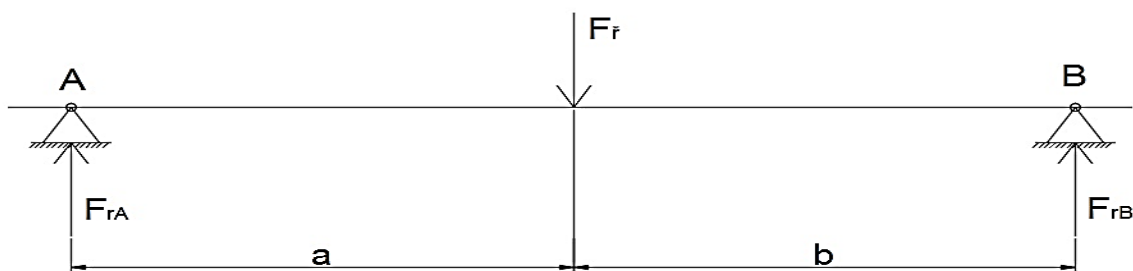
$$F_{\text{ř}} = 4059 \cdot g \quad (50)$$

$$F_{\text{ř}} = 4059 \cdot 9,81$$

$$F_{\text{ř}} = 40\,818,79 \text{ N}$$



## Výpočet radiálního zatížení



Obr. 39 Radiální zatížení v ložiskách

$$M_{OC} : -F_{rA} \cdot (a + b) + F_{\check{r}} \cdot b = 0 \quad (51)$$

$$M_{OB} : F_{rB} \cdot (a + b) - F_{\check{r}} \cdot a = 0 \quad (52)$$

Z rovnice (50) vytkneme  $F_{rA}$  a z rovnice (51) vytkneme  $F_{rB}$ .

$$F_{rA} = \frac{F_{\check{r}} \cdot b}{a + b}$$

$$F_{rA} = \frac{40\,818,8 \cdot 162}{162 + 162}$$

$$F_{rA} = 20\,409,4 \text{ N}$$

$$F_{rB} = \frac{F_{\check{r}} \cdot a}{a + b}$$

$$F_{rB} = \frac{40\,818,8 \cdot 162}{162 + 162}$$

$$F_{rB} = 20\,409,4 \text{ N}$$

$$F_{rA} = F_{rB}$$

kde:	$M_{OA}$	[N · mm]	Ohybový moment k bodu A
	$M_{OB}$	[N · mm]	Ohybový moment k bodu B
	$a =$	162 [mm]	Vzdálenost mezi ložiskem A a silou $F_{\check{r}}$
	$b =$	162 [mm]	Vzdálenost mezi ložiskem B a silou $F_{\check{r}}$
	$F_{rA} =$	[N]	Radiální síla v místě ložiska A

$$F_{rB} = \quad [N]$$

Radiální síla v místě ložiska B

**Kontrola ložiska v místě A, B**

Jedná se o soudečkové radiální ložiska dvouřadé, typ SKF 222 15E [13].

Vnitřní průměr ložiska  $d_{lř} = 75 \text{ mm}$

Vnější průměr ložiska  $D_{lř} = 130 \text{ mm}$

Základní statická únosnost  $C_o$   $C_{olř} = 236000 \text{ N}$

**Statické zatížení v místě A, B  $P_{OAB}$  [N]**

$$P_{OA} = P_{OB} = F_{rA} = F_{rB} \quad (53)$$

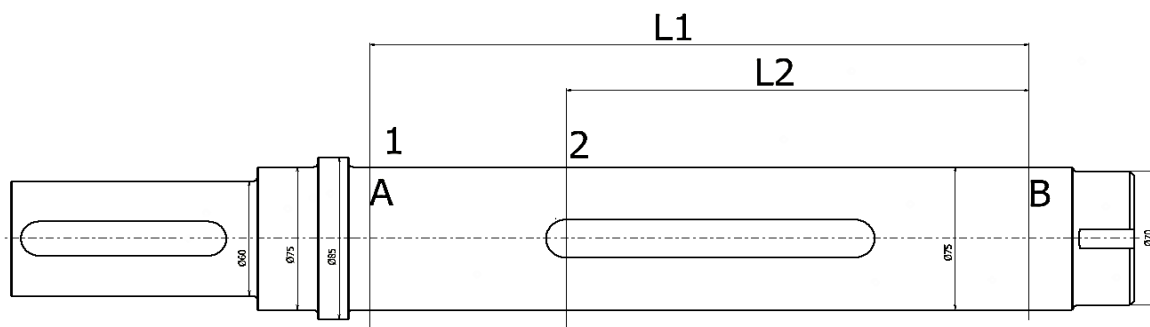
$$P_{OAB} = 20\,409,4 \text{ N}$$

**Statická bezpečnost  $S_{OAB}$** 

$$S_{OAB} = \frac{C_o}{P_{OAB}} \quad (54)$$

$$S_{OAB} = \frac{236\,000}{20\,409,4}$$

$$S_{OAB} = 311,56$$

**4.3. Statická kontrola hřídele**

Obr. 40 Statická kontrola hřídele

#### 4.3.1. Kontrola hřídele v místě 1

Ohybové napětí pod ložiskem 1  $\sigma_{oř1}$  [MPa]

$$\sigma_{oř1} = \frac{F_{rA} \cdot L_1}{\frac{\pi \cdot d_{lř}^3}{32}} \quad (55)$$

$$\sigma_{oř1} = \frac{20\,409,4 \cdot 321}{\frac{\pi \cdot 75^3}{32}}$$

$$\sigma_{oř1} = 158,18 \text{ MPa}$$

kde:  $L_1 = 321$  [mm]      Vzdálenost mezi ložiskem A a B

Bezpečnost v místě 1  $k_{bř1}$  [–]

$$k_{bř1} = \frac{R_e}{\sigma_{o1}} \quad (56)$$

$$k_{bř1} = \frac{360}{158,18}$$

$$k_{bř1} = 2,28$$

kde:  $R_e = 360$  [MPa]      Mez kluzu materiálu ČSN 17 240

#### 4.3.2. Kontrola hřídele v místě 2

Ohybové napětí na kraji řemenice  $\sigma_{oř2}$  [MPa]

$$\sigma_{oř2} = \frac{F_{rA} \cdot L_2}{\frac{\pi \cdot d_{lř}^3}{32}} \quad (57)$$

$$\sigma_{oř2} = \frac{20\,409,4 \cdot 225,5}{\frac{\pi \cdot 75^3}{32}}$$

$$\sigma_{oř2} = 111,12 \text{ MPa}$$

kde:  $L_2 = 225,5$  [mm]      vzdálenost mezi bodem 2 a ložiskem B

**Bezpečnost v místě 2  $k_{bř2}[-]$** 

$$k_{bř2} = \frac{R_e}{\sigma_{O2}} \quad (58)$$

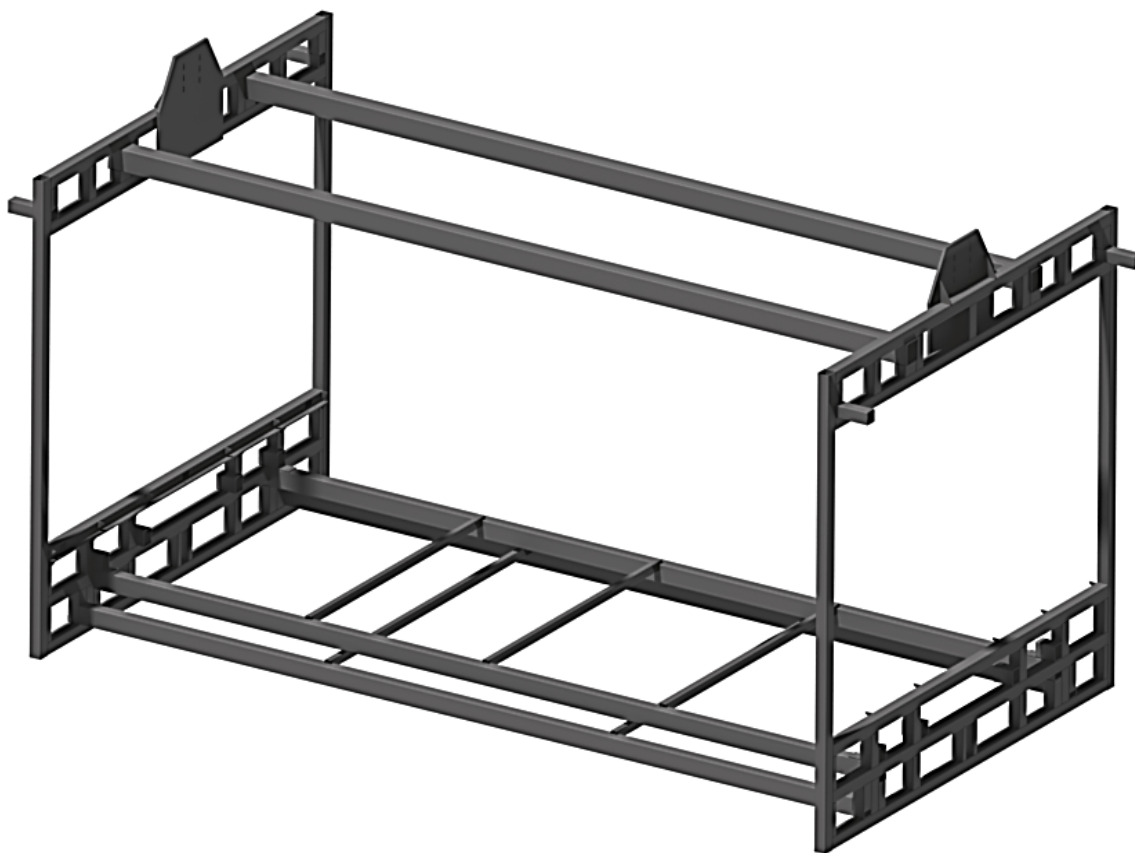
$$k_{bř2} = \frac{360}{111,12}$$

$$k_{bř2} = 3,24$$

**4.3.3. Vyhodnocení výsledků**

Dle výsledků statické kontroly hřídele lze konstatovat, že navržená hřídel vyhovuje kontrole. Nejnižší statická bezpečnost je v místě 2. V tomto místě se nachází drážka pro pero.

## 5. Pevnostní kontrola výtahové konstrukce



Obr. 41 Svařovaná výtahová konstrukce

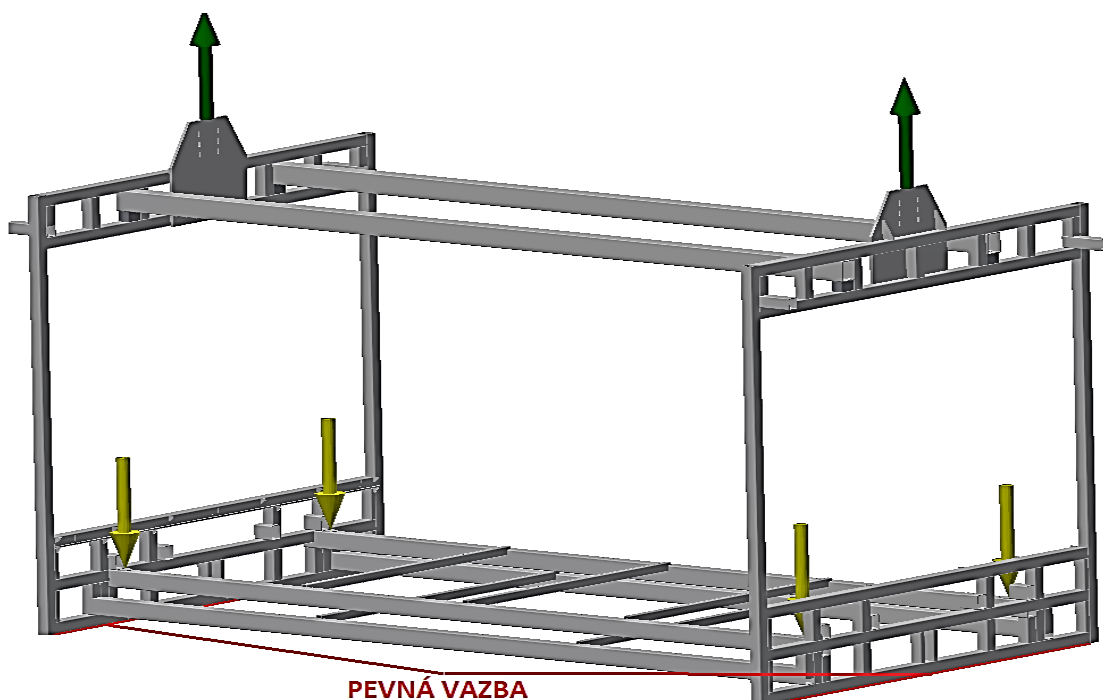
Kontrolu provádíme pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2013, který slouží k modelování ve 3D a také se dá využít ke kontrole metodou konečných prvků.

### **Materiál:**

Konstrukce je ze svařitelné oceli 11 523 o mezi kluzu v tahu  $R_e = 333$  MPa.

### **Vazby:**

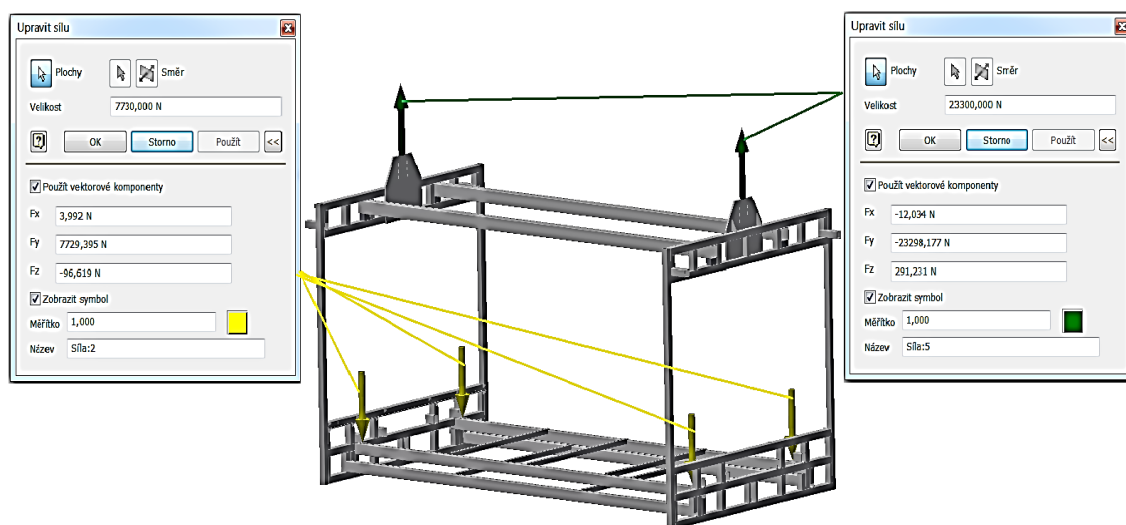
Jako okrajovou podmínku pevné vazby jsem zvolil spodní části konstrukce, které louží jako nosné části výtahové konstrukce (obr. 40).



Obr. 42 Umístění pevných vazeb

**Zatížení:**

Spodní část konstrukce je zatížena hmotností váhy teleskopu, palety a automobilu. Hmotnost  $m_{tpa} = 3\,150\text{ kg}$  je rozložena do čtyř nosných míst a je znázorněna žlutou šipkou. Dvě zelené šipky znázorňují zatěž zavěšení celkové konstrukce výtahu  $m_c = 4\,750\text{ kg}$ . Celková zátěž se skládá z výtahové konstrukce, teleskopu, palety a automobilu.



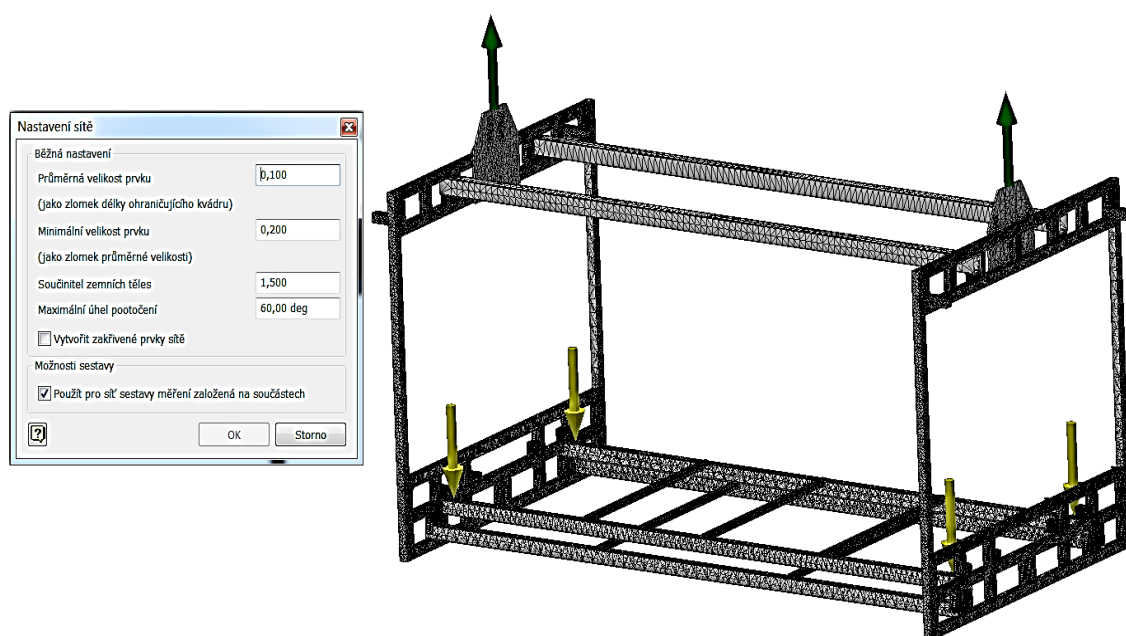
Obr. 43 Zatížení konstrukce

**Dotyky:**

Dotyky konstrukce jsou všude vázané a vystihují svarové spojení.

**Sít':**

Vygenerování sítě je důležité pro přesnost výsledků, volím tří uzlovou trojúhelníkovou síť (obr. 42).



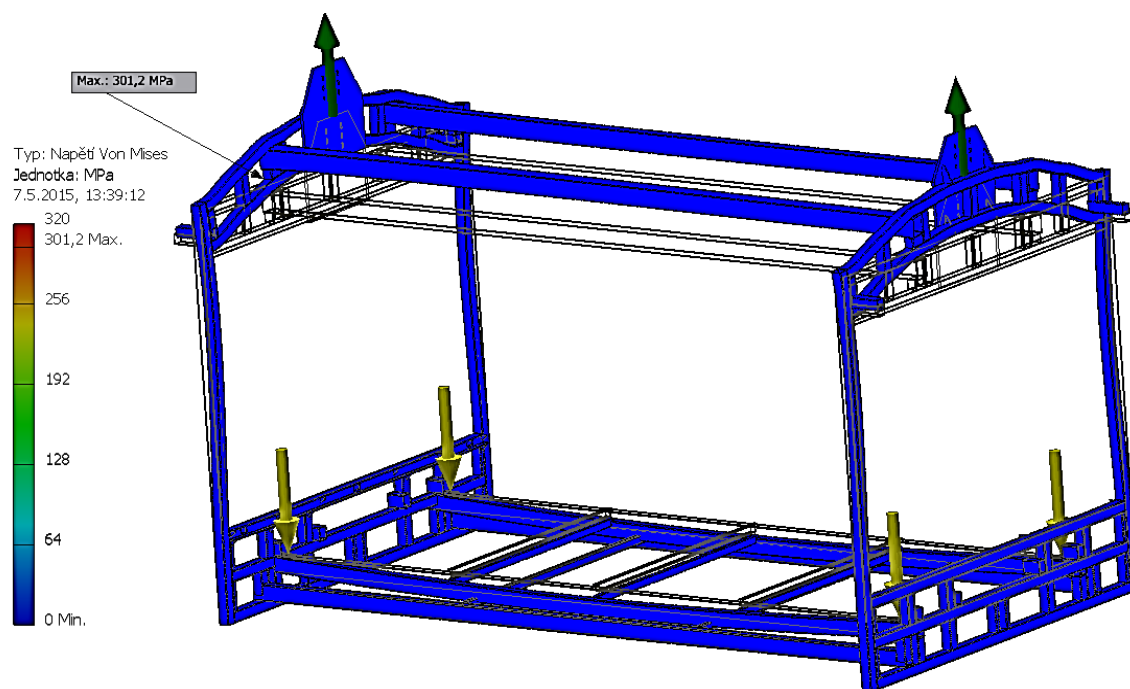
Obr. 44 Trojúhelníková síť

**Výsledky zatížení:**

Výsledky zatížení rozdělujeme na nejvyšší napětí (Von Misses), velikost posunutí.

**Napětí Von Mises**

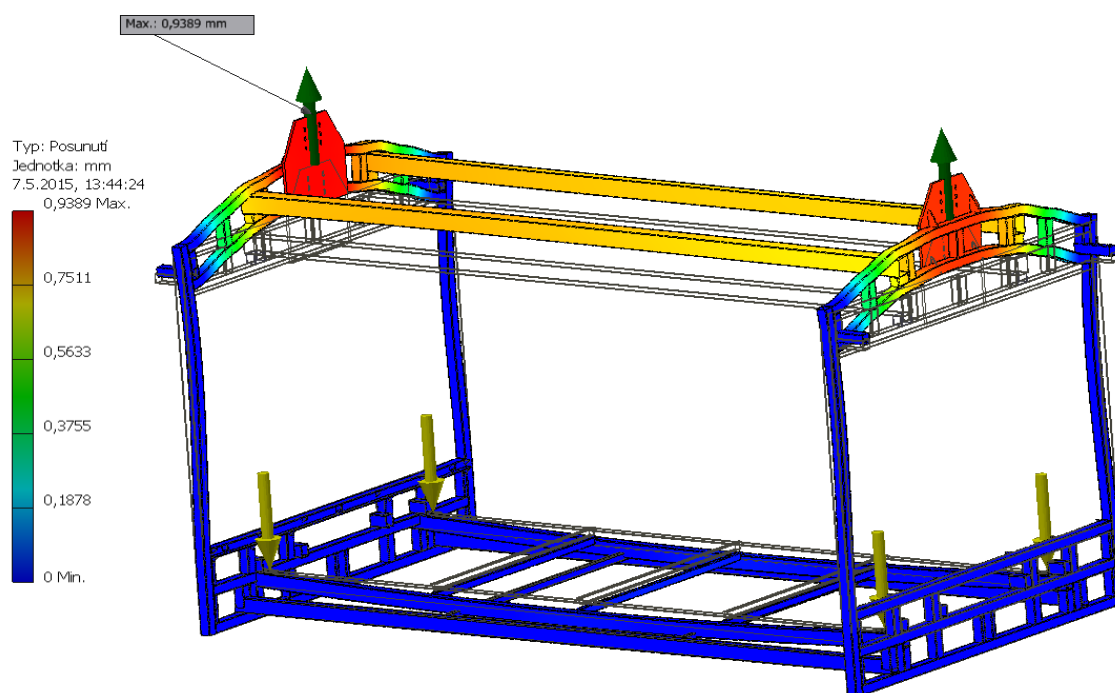
Nejvyšší zatížení působí v horní části konstrukce mezi podložkou podélného profilu a nosného profilu pro upevnění kotevního zařízení, kde působí silou 301,2 MPa (obr. 43).



Obr. 45 Napětí Von Mises

**Posunutí:**

Maximální posunutí je graficky znázorněno na nosném profilu kotevního zařízení o hodnotě 0,9389 mm (obr. 44).



Obr. 46 Zobrazení posunutí konstrukce



## Závěr

Hlavním úkolem diplomové práce bylo navržení nezávislého parkovacího systému ve spolupráci s firmou KOMA PARKING a.s.

Nejprve bylo nutno zvolit princip nezávislého parkovacího systému. Princip parkovacího systému jsem zvolil podle snadné průjezdnosti přízemního patra objektu. Průjezdnost přízemního patra usnadňuje konstrukční řešení parkovacího systému a odstraňuje problém s umístěním točny automobilu.

Dle zadaných parametrů automobilu jsem nejprve navrhl paletu, která slouží k přepravě automobilu do jednotlivých parkovacích boxů 1. až 10. Dále byl navržen teleskop, jako mechanismus zakládání palety s automobilem. Poté jsem vypočetl a zvolil ploché elektropřevodovky od firmy NORD. Jmenovitý výkon pohonu teleskopu  $P_{tk} = 0,25 \text{ kW}$  a pohonu řetězu  $P_{rk} = 0,55 \text{ kW}$ .

Pro přepravu palet s automobily bylo nutno navrhnout nosnou svařovanou konstrukci výtahového zařízení. Výtahové zařízení bylo nutné vybavit brzdami, které se sepnou v jednotlivých patrech. Vodorovnou dopravu mezi výtahem a parkovacím boxem zajišťují pojezdové koleje výtahu.

Pro svislý pohyb výtahu jsem navrhnul zvedací zařízení, které pohání dvě kuželočelní elektropřevodovky NORD  $P_{zk} = 9,2 \text{ kW}$  propojené mechanickou hřídelí. Funkčnost zvedání zajišťuje řemen Gates propojený výtahem a protizávažím. Protizávaží jsem navrhl ocelové a vybavil kladkou. Kladka brání bezpečnostnímu zasahování protizávaží do přízemního patra.

## Seznam obrázků

Obr. 1 Parkovací princip palet [8] .....	12
Obr. 2 Parkovací princip výtahu [8].....	13
Obr. 3 Princip jednoduchého parkovacího výtahu [8] .....	14
Obr. 4 Princip multifunkčního parkovacího výtahu [8] .....	15
Obr. 5 princip parkovacího kolotoče [8] .....	16
Obr. 6 Princip parkovacího domu [8] .....	17
Obr. 7 Princip multifunkčního parkovacího domu [8].....	18
Obr. 8 Princip parkovací věže [8] .....	19
Obr. 9 Konstrukční řešení parkovacího domu.....	20
Obr. 10 Schéma parkovacího domu.....	21
Obr. 11 Konstrukční řešení přízemního patra.....	22
Obr. 12 Schéma přízemního patra .....	22
Obr. 13 Schéma parkovací patra 1. až 5.....	23
Obr. 14 Schéma technického patra.....	24
Obr. 15 Konstrukční řešení výtahového zařízení .....	25
Obr. 16 Konzole s vodítkem a vodící čelist.....	26
Obr. 17 Konstrukční řešení boční svařované konstrukce.....	27
Obr. 18 Konstrukční řešení spodní výtahové koleje .....	28
Obr. 19 Konstrukční řešení brzdy palety.....	28
Obr. 20 Konstrukční řešení teleskopu.....	29
Obr. 21 Znázornění motoru pohonu teleskopu .....	30
Obr. 22 Plochá elektropřevodovka Nord [10].....	34
Obr. 23 Konstrukční řešení pohonu teleskopu .....	35
Obr. 24 Konstrukční řešení upevnění a napínání řetězu.....	36
Obr. 25 Znázornění motoru pohonu řetězu.....	36
Obr. 26 Plochá elektropřevodovka Nord [10].....	41
Obr. 27 Konstrukční řešení pohonu řetězu.....	42
Obr. 28 Konstrukční řešení pojezdové koleje boxu .....	43
Obr. 29 Konstrukční řešení brzdy koleje boxu .....	44
Obr. 30 Konstrukční řešení palety.....	45
Obr. 31 Vlevo západka palety brzdy a vpravo západka výtahové brzdy.....	45
Obr. 32 Konstrukční řešení protizávaží .....	46

---

Obr. 33 Řemen HTD14 od firmy Gates [7] .....	49
Obr. 34 Konstrukční řešení kotevního zařízení řemene.....	50
Obr. 35 Konstrukční řešení provedení řemene.....	50
Obr. 36 Konstrukční řešení zvedacího zařízení .....	51
Obr. 37 Kuželočelní elektropřevodovka Nord [10] .....	56
Obr. 38 Spojka LP1 2000 R+W [11] .....	56
Obr. 39 Radiální zatížení v ložiskách .....	61
Obr. 40 Statická kontrola hřídele .....	62
Obr. 41 Svařovaná výtahová konstrukce .....	65
Obr. 42 Umístění pevných vazeb .....	66
Obr. 43 Zatížení konstrukce .....	66
Obr. 44 Trojúhelníková síť.....	67
Obr. 45 Napětí Von Mises .....	68
Obr. 46 Zobrazení posunutí konstrukce.....	68

## Seznam použitých pramenů

- [1] ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [2] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [3] Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. 3. vydání. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [4] PAVLISKA, J., HRABOVSKÝ, L.: *Dopravní a manipulační zařízení IV*. 1. vydání. Skripta VŠB - TU Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0537-5.
- [5] POLÁK, J., SLÍVA, A.: *Dopravní a manipulační zařízení III*. 1. vydání. Skripta VŠB - TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0963-X.
- [6] Catalogue Polyurethane Timing Belts: *Ozubený řemen Gates*. Gates Mectrol [online]. 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.pab.cz/ozubene-remeny-pdf>
- [7] Gates Industrial Products: *Řemenice, Gates* [online]. 2014 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.gates.com/products/industrial>
- [8] KOMA Parking: *Automatické Parkovací Systémy, KOMA Parking* [online]. 2014 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.komaparking.cz/web/>
- [9] LM Metal Lift: *Výtahové díly*. LM Metal Lift s.r.o. [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.vytahovedily.com/nahradni-dily/c-1189/>
- [10] NORD: Elektropřevodovky. *NORD-Poháněcí technika s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: [http://www.nord.com/cms/cz/product\\_catalogue/geared\\_motors/geared-motors.jsp](http://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/geared_motors/geared-motors.jsp)
- [11] R+W: Couplings. *R+W* [online]. 2015 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.rw-couplings.com/products/industrial-drive-couplings/disc-pack-couplings/lp1.html>
- [12] SKF: Ložiskové jednotky. *SKF* [online]. 2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/index.html>

- [13] SKF: Soudečkové ložiska. *SKF [online]*. 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/roller-bearing-units/plummer-block-roller-bearing-units/index.html>

**Seznam příloh**

Příloha A	Výkres sestavy parkovacího zařízení DIP-RUT0007-S01
Příloha B	Výkres sestavy zdvihu výtahu DIP-RUT0007-S02
Příloha C	Výkres sestavy výtahového zařízení DIP-RUT0007-S03
Příloha D	Výkres výrobní hřídele řemenice DIP-RUT0007-D01
Příloha E	CD obsahující tuto diplomovou práci